

TROPICULTURA

2005 Vol. 23 N°4

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



Marché coton à Gandajika (RDC, 1988). Crédit: Jean-Luc Hof.

Editeur responsable/ Verantwoordelijke uitgever: J. Verduyck
 Square du Bastion 1A Bolwerksquare
 1050 Bruxelles / Brussel

Avec les soutiens
 de la Direction générale de la Coopération au Développement DGCD
www.dgdc.be
 du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
 et Coopération au Développement
www.diplobel.fgov.be,
 et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
 de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS
www.dgdc.be
 de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
 en Ontwikkelingssamenwerking
www.diplobel.fgov.be
 en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
 BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO 23,4

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Composition chimique des épices utilisées dans la préparation du <i>Nah-poh</i> et du <i>Nkui</i> de l'ouest Cameroun Chemische samenstelling van specerijen gebruikt in de bereiding van <i>Nah poh</i> en <i>Nkui</i> in West Kameroen Composición química de las especias usadas en la preparación del <i>Nah-poh</i> y del <i>Nkui</i> en el oeste de Camerún C. Tchiégang & P.D. Mbougueng	193	
Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'élevage de petits ruminants dans la province de l'ouest du Cameroun Socio-economische karakteristieken van kleine herkauwverteelt in de provincie van West Kameroen Características socioeconómicas y técnicas de la crianza de pequeños rumiantes en la provincia del oeste de Camerún I.R. Tchouamo, J. Tchoumboué & Lise Thibault	201	
Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: I. Balance de nitrógeno Bilan des éléments d' un agrosystème de canne à sucre. I. Bilan de l'azote Balansen van elementen in een agro-ecosysteem van suikerriet: stikstofbalans D. López-Hernández, Carmen Infante & E. Medina	212	
Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales Effect van het zoutgehalte op de fluorescentie van chlorofyl, het proline gehalte en de bloemproductie van drie sierplantensoorten Efecto de la salinidad en la fluorescencia de la clorofila, el contenido de prolina y la producción floral de tres especies ornamentales M. Denden, T. Bettaieb, Alef Sahli & M. Mathlouthi	220	
Evaluation des critères physiques des fèves de caféier Robusta (<i>Coffea canephora</i> P.) introduit dans les zones de basse altitude au Cameroun Evaluatie van de fysische criteria van de bonen van de Robusta koffieboom (<i>Coffea canephora</i> P.) ingevoerd in de laagvlakten van Kameroen Evaluación de los criterios físicos de los granos de café Robusta (<i>Coffea canephora</i> P.) introducido en las zonas de baja altitud en Camerún J. Fallo & J.C. Ngongang Nono	226	
Essais d'adaptation de production massive de juvéniles de <i>Clarias gariepinus</i> en conditions rurales Pogingen tot aanpassing van massaproductie van juveniele <i>Clarias gariepinus</i> in plattelandscondities Ensayos de adaptación de la producción masiva de juveniles de <i>Clarias gariepinus</i> en condiciones rurales S. Rukera Tabaro, J.-C. Micha & C. Ducarme	231	
NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS		
Apport des arbres fruitiers à la sécurité alimentaire en milieu urbain tropical: cas de la commune de Limete-Kinshasa, République Démocratique du Congo Bijdrage van vruchtbomen aan de voedselveiligheid in een tropisch urbaan milieu: het geval van de gemeente van Limete, Kinshasa, Democratische Republiek Congo Aporte de los árboles frutales a la seguridad alimentaria en medio urbano tropical: caso del distrito de Limete-Kinshasa, Republica Democrática del Congo E. Makumbelo, J.J. sj. Paulus, N. Luyindula & L. Lukoki	245	
LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD		253
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA		256

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned
Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)
Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen unicamente la responsabilidad de los autores

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Composition chimique des épices utilisées dans la préparation du *Nah poh* et du *Nkui* de l'ouest Cameroun

C. Tchiégang^{1*} & P.D. Mbougueng²

Keywords: Cameroon- Spices- Chemical composition

Résumé

Le *Nkui* et le *Nah poh* sont deux sauces traditionnelles épicées de la province de l'ouest du Cameroun qu'accompagnent respectivement le couscous de maïs et le taro pilé. Dans le présent travail, les épices des deux sauces ont été analysées pour leurs teneurs en lipides, protéines, glucides, fibres, calcium, magnésium, phosphore, fer et acide oxalique. Sur les vingt-trois échantillons, les analyses statistiques ont montré que les teneurs en nutriments diffèrent significativement (seuil de 5%) d'un échantillon à l'autre. La matière sèche varie de $84,39 \pm 0,26\%$ (P. guineense) à $92,79 \pm 0,05\%$ (X. aethiopica). Les teneurs en lipides sont très variables d'une épice à une autre et d'une partie de la plante à l'autre; la plus grande valeur étant celle des amandes de *M. myristica* (47,52%), et la plus faible, celle de la pulpe de *T. tetraptera* (0,32%). Les teneurs en protéines brutes vont de $2,65 \pm 0,01$ (H. zenkeri) à $17,87 \pm 0,04\%$ dans les fruits de *S. zenkeri*. Les glucides totaux varient d'une épice à l'autre et indépendamment de la partie de la plante utilisée comme épice. Pour les sels minéraux, l'apport en calcium n'est pas négligeable avec des teneurs de $89,13 \pm 0,21$ mg/100 g MS dans les fruits de *S. zenkeri* et de $2789,35 \pm 0,92$ mg/100 g MS dans l'écorce de *S. zenkeri*. Le magnésium est l'élément le plus important, en terme de masse soit $228,28 \pm 0,35$ mg/100 g MS dans les fruits de *S. zenkeri* et $2800 \pm 0,57$ mg/100 g MS dans l'écorce de la même plante. Par contre, les teneurs en fer et en phosphore qui sont les plus faibles varient respectivement de $0,29 \pm 0,01$ mg/100 g MS (S. zenkeri, fruit) à $41,94 \pm 1,4$ mg/100 g MS (P. capense) et de $0,60$ (H. gabonii, écorce) à $29,22$ mg/100 g MS (H. zenkeri). Quant à l'acide oxalique soluble, la plus grande valeur est trouvée dans les fruits entiers de *D. glomerata* $7,39$ g/100 g MS et la plus petite dans ceux de *A. daniellii* $0,4$ g/100 g MS. L'acide oxalique total varie entre $0,52$ (H. gabonii) et $6,59$ g/100 g MS (X. africana). Les fibres brutes en quantités non négligeables vont de $4,17\%$ dans les fruits de *S. zenkeri* à 56% dans l'écorce de *H. gabonii*.

Summary

Chemical Composition of some Spices Used in the Preparation of *Nah poh* and *Nkui* from West Cameroon

Nkui and *Nah poh* are two traditional soups of the western province of Cameroon which contained many spices. Spices normally used in these soups were analysed to determine the contents of some of their constituents (lipids, proteins, carbohydrate, fibre, calcium, magnesium, phosphorus, iron and oxalic acid). For the twenty-three samples studied, statistical analyses showed that their nutrient contents differed significantly (P level 5%) from one sample to another. The dry matter (DM) varied from $84.39 \pm 0.26\%$ (P. guineense) to $92.79 \pm 0.05\%$ (X. aethiopica). Lipid content varied greatly from one spice to another and from one part of the plant to another; *M. myristica* showed the greatest value (47.52%), while *T. tetraptera* had the lowest value of lipid content (0.32%). Protein contents of the samples varied from 2.65 ± 0.01 (H. zenkeri) to $17.87 \pm 0.04\%$ (S. zenkeri, fruit). Carbohydrate content varied remarkably, independently of the part of the plant used as spice. As for the mineral part, calcium content of the spices varied from 89.13 ± 0.21 mg/100 g DM (S. Zenkeri, fruit) to 2789.35 ± 0.92 mg/100 g DM (S. zenkeri, bark). Magnesium content was high and varied from 228.28 ± 0.35 mg/100 g DM (S. zenkeri, fruit) to 2800 ± 0.57 mg/100 g DM (S. Zenkeri, bark). Iron and phosphorus contents were low. For soluble oxalic acid, the highest value was obtained in the whole fruits of *D. glomerata* 7.39 g/100 g DM and the smallest in the fruits (0.4 g/100 g DM) of *A. daniellii*. The total oxalic acid varied between 0.52 (H. gabonii) and 6.59 g/100 g DM (X. africana). The crude fiber content varied from $4.17 \pm 0.01\%$ in the fruit of *S. zenkeri* to $56.00 \pm 2.44\%$ in the *H. gabonii*, bark's.

¹Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-industrielles, Université de Ngaoundéré B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun. Tél: (237) 751 21 08, e-mail: clerge.tchiegang@caramail.com.

²Département des Sciences Alimentaires et Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun, Tél: (237) 768 66 74, e-mail: p_d_mbouput@yahoo.fr.
Reçu le 10.05.04. et accepté pour publication le 10.12.04.

Introduction

Le *Nah poh* (sauce jaune) et le *Nkui* (sauce gluante) sont des sauces qui accompagnent respectivement le taro (*Colocassia esculenta*) pilé et le couscous de maïs, mets autrefois réservés aux grandes cérémonies traditionnelles dans l'ouest et le nord-ouest du Cameroun. La préparation de ces sauces relève du savoir-faire traditionnel des populations concernées. La sauce jaune est une émulsion d'huile de palme dans l'eau stabilisée par le sel gemme ou par les extraits aqueux de cendres des feuilles de végétaux ou des peaux de banane dans laquelle, on ajoute un certain nombre d'épices écrasées. Le *Nkui* est une préparation gluante obtenue par macération de l'écorce de *Triumfetta pentandra* dans de l'eau chaude et dans laquelle, on incorpore également un mélange d'épices écrasées. Dans la préparation du *Nah poh* et du *Nkui* entrent respectivement plus de 19 et 13 épices qui sont des parties de plantes (fruits, feuilles, écorces, racines, rhizomes ...) utilisées surtout à cause de leurs apports en saveur et en arôme.

D'après Navellier et Jolivet (14) le terme «épice» s'applique aux produits naturels végétaux ou mélange de ceux-ci, sans matières étrangères qui sont utilisés soit en entier, soit en poudre pour donner de la saveur et de l'arôme et pour assaisonner les aliments. Cette

définition s'accorde avec celle du petit Larousse qui définit l'épice comme une substance aromatique d'origine végétale utilisée pour assaisonner les mets.

Compte tenu de cette définition et des différents travaux antérieurs, les études sur l'apport des épices du *Nah poh* et du *Nkui* en nutriments sont restées parents pauvres de la recherche. En plus de leur rôle dans l'apport de la saveur et de l'arôme, les épices auraient un apport secondaire en nutriments non négligeables. Au moment où l'on recherche les nouveaux produits nutraceutiques bénéfiques pour la santé, il y a lieu de s'intéresser à ces épices qui sont pour la plupart, des produits de cueillettes provenant des plantes non domestiquées.

Au Cameroun, les recherches sur les plantes à épices se sont limitées aux études botaniques (15). On note aussi des travaux isolés tels que ceux de Fenkam Boyom (8) sur les huiles essentielles des Annonacées et ceux de Jazet Dongmo (11) sur les Rutacées. Ainsi dans l'approche de la connaissance de la composition et de l'importance alimentaire de ces épices, quelques constituants sont analysés dans cette étude en vue d'évaluer leurs apports secondaires en lipides, protéines, calcium, magnésium, fer, phosphore et fibres brutes ou l'effet

Tableau 1
Liste des épices étudiées

Noms scientifiques	Familles	Nom courant	Partie utilisée
<i>Tetrapleura tetraptera</i> Schun et Thonn Thaub.	Mimosacées	Fruit à 4 ailes	Fruit
<i>Hua gabonii</i> (écorce) Pierre.	Huacacées	Ecorce de l'arbre à ail	Ecorce
<i>Hua gabonii</i> (fruit) Pierre.	Huacacées	Fruit de l'arbre à ail	Fruit
<i>Solanum melongena</i> L. Var inerme D.C Hiern.	Solanacées	Aubergine	Fruit
<i>Xylopia aethiopica</i> Dunal A. Rich.	Annonacées	Poivre d'Ethiopie	Fruit
<i>Xylopia parviflora</i> (A. Rich) Benthane.	Annonacées	Poivre de sedhion	Fruit
<i>Xylopia africana</i>	Annonacées	Poivre africain	Fruit
<i>Mondia whitei</i> (Hook F). Skell.	Périplocacées	Racine sucrée	Racine
<i>Monodora myristica</i> Gaernt.	Annonacées	Fausse noix de muscade	Amande
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce) Harms.	Caesalpinacées	Ecorce de l'arbre à ail	écorce
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit) Harms.	Caesalpinacées	Fruit de l'arbre à ail	Fruit
<i>Hypodaphnis zenkeri</i> (Engler) Stapf.	Lauracées	Ecorce rouge	Ecorce
<i>Fagara leprierii</i> Gull. et Perr.	Rutacées	Grappe odoriférante	Fruit
<i>Fagara xanthozyloides</i> Watern.	Rutacées	Bouche – béante	Fruit
<i>Dorstenia psilurus</i> Welw.	Moracées	Remède des serpents	Racine
<i>Echinops giganteus</i> A. Rich.	Astéracées	Racine tubéreuse	Racine
<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Var Brazzeana	Pentadiplandracées	Liane blanche	Racine
<i>Aframomum daniellii</i>	Zingibéracées	Maniguettes sucrées	Fruit
<i>Aframomum</i> sp.	Zingibéracées	Maniguettes sucrées	fruit
<i>Scleria striatinux</i> De Wild.	Cypéracées	Racine de chaume	Racine
<i>Piper guineense</i> Schun et Thonn.	Pipéracées	Poivre de Guinée	Fruit
<i>Piper capense</i>	Pipéracées	Poivre sauvage	Fruit
<i>Dichrostachys glomerata</i>	Mimosacées	Oreille de souris	Fruit

négatif qu'ils pourraient avoir sur l'alimentation humaine (oxalates solubles, oxalates totaux).

Matériel et méthodes

Les échantillons d'épices ont été achetés sur le marché de Bafoussam, chef-lieu de la province de l'ouest (Cameroun), auprès de plusieurs vendeuses. Dans le tableau 1 est présentée la liste répartie en famille des épices analysées. Leurs noms courants ainsi que les parties utilisées dans les sauces sont également précisées.

Les 23 épices qui constituent l'échantillonnage appartiennent à 15 familles botaniques différentes, soit au total 21 espèces. Ces épices sont séchées dans un séchoir à convection à 45 °C jusqu'à masse constante puis broyées jusqu'à une granulométrie inférieure à 0,5 mm dans un petit moulin à hélices Moulinex (France) et stockées dans des bocaux en verre pour les différentes analyses.

- La matière sèche des échantillons est déterminée à 105 ± 2 °C selon la méthode décrite par Audigié *et al.*, (3).

- La méthode d'extraction au Soxhlet par l'hexane décrite par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC) (10) a été utilisée pour déterminer les lipides totaux.

- Les protéines brutes ont été déterminées après minéralisation des échantillons non délipidés selon la technique de Kjeldahl et l'ammoniaque résultant dosé selon la méthode de Devani *et al.*, (5). La teneur en protéines brutes est calculée en multipliant le taux d'azote par le facteur conventionnel 6,25.

- Les sucres totaux ont été extraits sur le résidu délipidé des échantillons et dosés par colorimétrie selon la méthode de Dubois *et al.* (6).

- Les fibres brutes ont été déterminées suivant la méthode de Wolff (19) sur les résidus délipidés.

- Les oxalates solubles et totaux ont été analysés suivant la méthode manganométrique de Mois (13) et Abeza *et al.*, (1) sur les échantillons non délipidés.

- La méthode utilisée pour déterminer la teneur en cendres est celle décrite par Wolf (19). Les éléments minéraux ont été analysés dans les cendres préalablement dissoutes dans l'acide chlorhydrique concentré et à chaud. Le calcium et le magnésium sont dosés par la méthode décrite par l'association française de normalisation (2). Les orthophosphates et le fer sont déterminés par la technique de Rodier (16) sur les échantillons tels quels.

L'analyse de variances et le test de comparaison multiple de Duncan (18) ont été effectués sur les résultats des différentes analyses présentés suivant un dispositif à base de blocs complètement randomisés. Pour les différentes analyses, trois essais ont été effectués.

Résultats et discussion

Teneurs en matière sèche

Les résultats des teneurs en matières sèches (Tableau 2) représentées sous forme de moyennes \pm écart type renseignent sur l'aptitude des épices à être conservées pendant une longue durée. Les valeurs trouvées se situent entre $84,39 \pm 0,26\%$ (*P. guineense*) et $92,79 \pm 0,06\%$ (*X. aethiopica*). Ces valeurs sont assez dispersées d'après le test de Duncan (au seuil de 5%). On note une variation au sein des échantillons appartenant à la même famille. Ainsi chez les Zingibéracées, *A. daniellii* ($90,56 \pm 0,08\%$) et *Aframomum* sp ($88,37 \pm 0,03\%$) ont des teneurs en matière sèche distinctes au seuil de 5%. Il en est de même pour *X. parviflora* ($92,06 \pm 0,04\%$) et *X. africana* ($90,96 \pm 0,19\%$) qui sont des Anonacées.

Teneurs en lipides totaux

L'extraction des lipides à l'hexane a montré que les épices analysées sont caractérisées par des teneurs en lipides totaux allant de $0,32 \pm 0,01$ (*T. tetraptera*) à $47,52 \pm 1,13\%$ MS (*M. myristica*) (Tableau 2). Les teneurs trouvées sont très variables (au seuil de 5%) lorsqu'on passe d'une épice à une autre et même entre les épices d'une même famille. Les taux de lipides de *M. myristica*: $47,52 \pm 1,13\%$ MS et de *S. zenkeri* (fruits): $4,59 \pm 0,10\%$ MS, se rapprochent des résultats trouvés par Mbofung *et al.*, (12) (*M. myristica*: $50,6 \pm 1,4\%$ MS et de *S. zenkeri*: $4,20 \pm 0,3\%$ MS). *M. myristica* ($47,52 \pm 1,13\%$), *F. leprerii* ($32,97 \pm 0,5\%$), *F. xanthoxyloides* ($20,98 \pm 3,4\%$), *X. aethiopica* ($18,39 \pm 0,2\%$) et *P. guineense* ($18,30 \pm 0,53\%$) paraissent quantitativement intéressantes pour une exploitation. De ce fait, ces épices peuvent être classées parmi les épices oléagineuses.

Teneurs en protéines brutes

Les teneurs en protéines brutes déterminées sur les matières non délipidées (Tableau 2).

Teneurs en glucides totaux

Les teneurs en glucides totaux des poudres d'épices délipidées calculées par rapport à la matière telle quelle varient de $4,61 \pm 0,04\%$ pour *F. leprerii* à $71,75 \pm 1,40\%$ pour *S. zenkeri* (fruit). Chez les Zingibéracées, les teneurs en glucides totaux sont assez distincts: *Aframomum* sp ($47,27 \pm 0,03\%$) et *Aframomum daniellii* ($39,72 \pm 0,34\%$). *P. guineense* et de *P. capense* (Pipéracées) qui ont respectivement $10,24 \pm 0,13\%$ et $41,46 \pm 0,06\%$ de glucides totaux diffèrent significativement au seuil de 5%. Pour les Caesalpiniacées, *S. zenkeri* (écorce) et *S. zenkeri* (fruit) ont des taux de glucides totaux distincts qui sont respectivement de $16,57 \pm 1,02\%$ et $71,75 \pm 1,40\%$. En somme, les teneurs en glucides totaux varient grandement d'un échantillon à l'autre

Tableau 2
Teneurs en matière sèche, en lipides, en protéines et en glucides totaux exprimées en g/100 g MS

Noms scientifiques	Matière Sèche	Lipides totaux	Protéines brutes (N x 6,25)	Glucides totaux
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	85,30 ± 0,13 ^b	0,32 ± 0,01	6,51 ± 0,01 ^d	27,41 ± 0,02
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	88,26 ± 0,03 ^e	1,40 ± 0,05	13,61 ± 0,03 ^{kl}	60,20 ± 0,10
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	91,49 ± 0,02 ^{lm}	1,26 ± 0,02	10,82 ± 0,02 ^g	24,08 ± 0,20
<i>Solanum melongena</i>	92,35 ± 0,06 ⁿ	9,16 ± 0,10	13,43 ± 0,02 ^k	15,52 ± 0,40
<i>Xylopiya aethiopica</i>	92,79 ± 0,06 ⁿ	18,39 ± 0,20	9,33 ± 0,01 ^f	14,27 ± 1,30
<i>Xylopiya parviflora</i>	92,06 ± 0,04 ^{mn}	5,51 ± 0,01	8,33 ± 0,01 ^e	19,90 ± 0,06
<i>Xylopiya africana</i>	90,96 ± 0,19 ^{kl}	9,09 ± 0,3	12,10 ± 0,01 ^h	n d *
<i>Mondia whitei</i>	90,98 ± 0,18 ^{kl}	2,00 ± 0,01	6,79 ± 0,02 ^d	46,64 ± 0,04
<i>Monodora myristica</i>	87,20 ± 4,90 ^d	47,52 ± 1,13	12,28 ± 0,01 ^{hi}	4,64 ± 0,30
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	90,72 ± 0,08 ^{jk}	4,59 ± 0,10	17,87 ± 0,04 ⁿ	71,75 ± 1,40
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	89,61 ± 0,01 ^h	1,18 ± 0,05	15,17 ± 0,01 ^m	16,57 ± 1,02
<i>Hypodaphnis zenkeri</i>	90,34 ± 0,24 ^{hijk}	3,36 ± 0,10	2,65 ± 0,01 ^a	32,54 ± 0,15
<i>Fagara leprerii</i>	91,05 ± 0,29 ^{kl}	32,97 ± 0,50	13,82 ± 0,02 ^l	4,61 ± 0,04
<i>Fagara xanthoxyloides</i>	88,59 ± 0,15 ^{efg}	20,98 ± 3,40	11,82 ± 0,04 ^h	53,54 ± 0,01
<i>Dorstenia psilurus</i>	90,99 ± 0,31 ^{kl}	1,58 ± 0,01	3,38 ± 0,01 ^b	69,53 ± 0,02
<i>Echinops giganteus</i>	89,04 ± 0,31 ^{fgh}	5,28 ± 0,26	5,38 ± 0,01 ^c	35,18 ± 0,01
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	89,15 ± 0,24 ^{gh}	2,015 ± 0,01	9,34 ± 0,01 ^f	41,64 ± 0,01
<i>Aframomum daniellii</i>	90,56 ± 0,08 ^{ijk}	8,37 ± 0,23	14,90 ± 0,02 ^m	39,72 ± 0,34
<i>Aframomum sp.</i>	88,37 ± 0,03 ^{ef}	2,55 ± 0,03	8,43 ± 0,03 ^e	47,27 ± 0,03
<i>Scleria striatinux</i>	92,43 ± 0,01 ⁿ	3,86 ± 0,2	3,20 ± 0,01 ^{ab}	38,25 ± 0,50
<i>Piper guineense</i>	84,39 ± 0,26 ^a	18,30 ± 0,53	8,94 ± 0,01 ^{ef}	10,24 ± 0,13
<i>Piper capense</i>	88,21 ± 0,57 ^e	8,37 ± 0,10	15,06 ± 0,01 ^m	41,46 ± 0,06
<i>Dichrostachys glomerata</i>	86,44 ± 0,10 ^c	1,43 ± 0,03	12,83 ± 0,02 ^{ij}	17,25 ± 1,03

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart type.

Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

* non déterminée.

indépendamment de la partie de la plante utilisée comme épice.

Teneurs en oxalate solubles et en oxalates totaux

Les teneurs en oxalates solubles et en oxalates totaux ainsi que les rapports teneurs en oxalates totaux (TAO) sur teneurs en calcium (TCa) ont été évaluées dans les poudres des différentes d'épices. Les résultats sont donnés dans le tableau 3. Le rapport TAO/TCa a été calculé pour évaluer l'influence théorique de l'acide oxalique sur la disponibilité du calcium dans les épices. La disponibilité du calcium dans un aliment est d'autant plus intéressante que le rapport TAO/TCa de cet aliment est inférieur à 2,25 (9). Les analyses effectuées font apparaître que la teneur en acide oxalique diffère d'une famille à l'autre et au sein d'une même famille. Les teneurs en oxalates totaux et solubles, varient respectivement de 0,52 ± 0,07% [*H. gabonii* (fruit)] à 6,07 ± 0,35% (*T. tetraptera*) et de 0,40 ± 0,01% (*A. daniellii*) à 7,39 ± 0,20% (*D. glomerata*).

Chez les Zingibéracées, les teneurs en oxalates solubles sont pour *Aframomum sp.* 0,72 ± 0,05% et pour *Aframomum daniellii* 0,40 ± 0,01%. Les teneurs en oxalates totaux sont de 1,90 ± 0,07% pour *Aframomum sp.* et de 0,60 ± 0,07% pour *Aframomum daniellii*. Le test de Duncan montre que chez les

Zingibéracées, les teneurs en oxalates solubles ne diffèrent pas significativement (au seuil de 5%), ce qui n'est pas le cas pour les teneurs en oxalates totaux.

Chez les Annonacées, pour les oxalates solubles, *X. aethiopica* contient 1,32 ± 0,09%, *X. parviflora* 2,22 ± 0,01% et *X. africana* 6,62 ± 0,63%. Les teneurs en oxalates solubles de *X. aethiopica* et *X. parviflora* ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% tandis que *X. africana* a une teneur en oxalates solubles significativement supérieure (au seuil de 5%) à celles des deux premières. Les oxalates totaux quant à eux sont tous différents les uns des autres.

Les rapports TAO/TCa permettent de considérer trois groupes d'épices:

- l'échantillon *H. gabonii* (écorce) contenant l'acide oxalique en faible quantité (TAO/TCa < 1), donc riche en calcium libre est une bonne source de calcium;
- les échantillons *S. zenkeri* (écorce), *P. guineense* qui ont des rapports TAO/TCa qui se situent dans l'intervalle 1 < TAO/TCa < 2,25. Ces échantillons ne fournissent donc pas de calcium utilisable. Toutefois, ils ne causent pas de préjudices à l'utilisation du calcium apporté par les autres aliments et n'ont pas d'effet antiminéralisant (9);
- les échantillons *T. tetraptera*; *H. gabonii* (fruit); *S. melongena*, *X. aethiopica*, *X. parviflora*, *X. africana*, *M. whitei*, *M. myristica*, *S. zenkeri* (fruit), *H. zenkeri*; *F. leprerii*; *F. xanthoxyloides*; *D. psilurus*; *E. giganteu*; *P.*

Tableau 3
Teneurs (g/100 g MS) en oxalates solubles, totaux et fibres brutes des épices étudiées

Noms scientifiques	acide oxalique soluble (TAO soluble)	acide oxalique total (TAO total)	TAO/TCa*	fibres brutes
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	4,29 ± 1,08 ^e	6,07 ± 0,35 ^{ij}	30,68	6,31 ± 0,33 ^b
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	0,42 ± 0,09 ^a	0,52 ± 0,07 ^a	5,10	4,59 ± 1,31 ^a
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	1,35 ± 0,02 ^{abcd}	1,79 ± 0,03 ^{cde}	0,70	56,00 ± 2,44 ^m
<i>Solanum melongena</i>	0,68 ± 0,02 ^a	0,68 ± 0,02 ^{ab}	2,99	32,46 ± 6,40 ⁱ
<i>Xylopia aethiopica</i>	1,32 ± 0,09 ^{abcd}	1,58 ± 0,05 ^{bcd}	4,56	39,39 ± 6,53 ^k
<i>Xylopia parviflora</i>	2,22 ± 0,01 ^{bcd}	2,6 ± 0,71 ^{efg}	11,48	29,04 ± 1,47 ^h
<i>Xylopia africana</i>	6,62 ± 0,63 ^f	6,59 ± 0,35 ⁱ	41,69	21,39 ± 0,82 ^f
<i>Mondia whitei</i>	2,66 ± 0,73 ^d	4,16 ± 1,06 ^h	3,89	23,43 ± 0,67 ^g
<i>Monodora myristica</i>	1,37 ± 0,01 ^{abcd}	1,81 ± 0,07 ^{cde}	15,99	28,47 ± 1,20 ^h
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	0,93 ± 0,01 ^{abc}	1,42 ± 0,04 ^{abcd}	15,98	4,17 ± 0,01 ^a
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	1,15 ± 0,05 ^{abcd}	3,99 ± 0,85 ^h	1,43	54,73 ± 0,20 ^m
<i>Hypodaphnis zenkeri</i>	2,33 ± 0,01 ^{cd}	2,98 ± 0,01 ^{fg}	3,77	42,28 ± 0,47 ^l
<i>Fagara lepriarii</i>	1,52 ± 0,05 ^{abcd}	1,86 ± 0,03 ^{cde}	8,79	23,02 ± 0,69 ^g
<i>Fagara xanthoxyloides</i>	1,29 ± 0,02 ^{abcd}	1,71 ± 0,07 ^{cde}	4,54	34,78 ± 1,05 ^j
<i>Dorstenia psilurus</i>	1,23 ± 0,05 ^{abcd}	3,21 ± 0,09 ^{gh}	9,93	10,36 ± 0,89 ^c
<i>Echinops giganteus</i>	0,93 ± 0,09 ^{abc}	1,04 ± 0,07 ^{abc}	3,99	10,36 ± 0,02 ^c
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	1,12 ± 0,05 ^{abc}	3,21 ± 0,13 ^{gh}	11,30	12,30 ± 0,72 ^d
<i>Aframomum daniellii</i>	0,40 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,07 ^{ab}	4,64	12,14 ± 0,95 ^d
<i>Aframomum</i> sp.	0,72 ± 0,05 ^{ab}	1,90 ± 0,07 ^{cde}	7,79	10,97 ± 1,02 ^c
<i>Scleria striatinux</i>	1,29 ± 0,02 ^{abcd}	2,09 ± 0,04 ^{def}	8,77	18,17 ± 0,09 ^{de}
<i>Piper guineense</i>	1,04 ± 0,06 ^{abc}	1,05 ± 0,07 ^{abc}	1,40	9,56 ± 0,45 ^c
<i>Piper capense</i>	1,01 ± 0,01 ^{abc}	1,23 ± 0,04 ^{abcd}	2,18	12,34 ± 0,22 ^d
<i>Dichrostachys glomerata</i>	7,39 ± 0,20 ^f	5,42 ± 0,01 ⁱ	17,73	22,32 ± 1,09 ^{fg}

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart type.

Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

* TAO/TCa: teneurs en oxalates totaux sur teneurs en calcium.

brazzeana; *A. daniellii*; *Aframomum* sp.; *S. striatinux*; *P. capense* et *D. glomerata* qui ont un rapport TAO/TCa supérieur à 2, ne sont pas une source de calcium facilement assimilable. A cause de leurs teneurs considérables en acide oxalique, ils peuvent insolubiliser une quantité importante de calcium apportée par d'autres aliments. En l'absence de ceux-ci, ils sont susceptibles d'exercer des effets toxiques (9).

Teneurs en fibres brutes

Les teneurs en fibres brutes (Tableau 3) varient en fonction des familles et des parties de la plante utilisées. Les fibres brutes représentent 4,17 à 56% MS dans la poudre d'épices délipidées étudiées. La valeur la plus faible est celle de *S. zenkeri* (fruit) 4,17 ± 0,01% et les plus grandes, celles de *S. zenkeri* (écorce) 54,73 ± 0,20% MS, et de *H. gabonii* (écorce) 56,00 ± 2,44% MS.

Les deux espèces de Zingibéracées ont des teneurs en fibres brutes distinctes au seuil de 5%. *Aframomum* sp. en contient 10,97 ± 1,02% contre 12,14 ± 0,95% pour *A. daniellii*.

Chez les deux Mimosacées, le test de comparaison multiple de Duncan montre que *D. glomerata* a plus de fibres brutes (22,32 ± 1,09%) que *T. tetraptera*

(6,31 ± 0,33%).

Chez les Rutacées, *F. xanthoxyloides* contient plus de fibres brutes (au seuil de 5%) avec 34,78 ± 1,05% que *F. lepriarii* (23,02 ± 0,69%).

Ces valeurs élevées en fibres confèrent aux épices des effets bénéfiques dans l'augmentation de la masse fécale et la réduction de la durée du transit des aliments pendant la digestion (17).

Teneurs en cendres totales, calcium, magnésium, fer et phosphore

Les teneurs en cendres totales, en fer, en phosphore, en calcium et en magnésium déterminées dans les poudres d'épices non délipidées sont données dans le tableau 4. Les teneurs en fer, en phosphore, en calcium et en magnésium sont exprimés en mg/100 g MS.

1. Teneurs en cendres totales

L'incinération à 550 °C pendant 24 heures dans un four à moufle a donné des teneurs en cendres totales allant de 2,01 à 9,20% MS. Celles-ci sont très variables d'une épice à une autre. Les valeurs les plus élevées se retrouvent chez *P. capense* 9,20 ± 0,04%

Tableau 4
Teneurs en cendres (g/100 g MS), en P, Fe, Ca et Mg (mg/100 g MS) des poudres d'épices telles quelles

Noms scientifiques	Cendres totales	P	Fe	Ca	Mg
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	5,93 ± 0,08 ^k	10,57 ± 0,01 ⁱ	12,51 ± 0,44 ^f	197,94 ± 0,14 ^d	283,08 ± 0,14 ^a
<i>Hua gabonii</i> (fruit)	2,01 ± 0,14 ^a	6,53 ± 0,01 ^{ef}	1,27 ± 0,01 ^a	101,19 ± 0,07 ^b	570,03 ± 0,35 ^{bc}
<i>Hua gabonii</i> (écorce)	8,72 ± 0,37 ^o	0,60 ± 0,01 ^a	9,59 ± 0,85 ^{ef}	2571,01 ± 0,21 ^q	2789,34 ± 0,35 ⁿ
<i>Solanum melongena</i>	5,52 ± 0,66 ⁱ	8,20 ± 0,01 ^{gh}	7,07 ± 0,41 ^{de}	227,26 ± 0,14 ^{def}	808,99 ± 0,35 ^d
<i>Xylopia aethiopica</i>	3,22 ± 0,01 ^d	3,33 ± 0,01 ^c	1,52 ± 0,02 ^a	345,58 ± 0,21 ^{kl}	444,43 ± 0,14 ⁱ
<i>Xylopia parviflora</i>	4,51 ± 0,01 ^f	8,42 ± 0,01 ^{gh}	1,98 ± 0,03 ^{ab}	226,83 ± 0,21 ^{def}	1562,63 ± 0,14 ⁱ
<i>Xylopia africana</i>	4,74 ± 0,10 ^g	9,16 ± 0,01 ^{ghij}	0,45 ± 0,01 ^a	158,09 ± 0,14 ^c	1768,36 ± 0,07 ⁱ
<i>Mondia whitei</i>	7,73 ± 0,01 ^m	5,72 ± 0,01 ^e	9,65 ± 0,17 ^{ef}	1069,62 ± 0,07 ^p	2238,73 ± 0,07 ^k
<i>Monodora myristica</i>	2,21 ± 0,17 ^b	17,92 ± 0,03 ^l	10,08 ± 0,13 ^f	112,98 ± 0,21 ^b	238,46 ± 0,21 ^a
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (fruit)	2,50 ± 0,01 ^c	8,88 ± 0,01 ^{ghi}	0,29 ± 0,01 ^a	89,13 ± 0,21 ^a	228,28 ± 0,35 ^a
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> (écorce)	9,04 ± 0,16 ^p	1,36 ± 0,01 ^{ab}	4,66 ± 0,30 ^{bcd}	2789,35 ± 0,92 ^r	2800,65 ± 0,57 ⁿ
<i>Hypodaphnis zenkeri</i>	3,09 ± 0,06 ^d	29,22 ± 0,03 ^m	0,35 ± 0,01 ^a	789,61 ± 0,01 ^o	814,06 ± 0,07 ^d
<i>Fagara leprierii</i>	3,13 ± 0,08 ^d	4,16 ± 0,01 ^{cd}	7,04 ± 0,85 ^{de}	210,96 ± 0,07 ^{de}	555,02 ± 0,28 ^{bc}
<i>Fagara xanthoxyloïdes</i>	5,35 ± 0,04 ⁱ	6,19 ± 0,01 ^e	1,21 ± 0,01 ^a	376,13 ± 0,14 ^l	529,96 ± 0,28 ^b
<i>Dorstenia psilurus</i>	4,17 ± 0,01 ^e	8,24 ± 0,01 ^{gh}	0,48 ± 0,01 ^a	323,23 ± 0,14 ^k	856,54 ± 0,14 ^{de}
<i>Echinops giganteus</i>	6,22 ± 0,01 ^l	7,90 ± 0,01 ^{fg}	12,15 ± 0,18 ^f	272,62 ± 10,49 ^{hi}	482,32 ± 44,03 ^b
<i>Pentadiplandra brazzeana</i>	3,12 ± 0,09 ^d	2,67 ± 0,01 ^{bc}	0,99 ± 0,02 ^a	284,36 ± 0,14 ^{hi}	621,62 ± 0,07 ^c
<i>Aframomum daniellii</i>	5,20 ± 0,47 ^h	5,54 ± 0,01 ^{de}	6,65 ± 0,39 ^{de}	129,86 ± 0,07 ^{bc}	900,66 ± 0,28 ^{ef}
<i>Aframomum</i> sp.	8,70 ± 0,14 ^o	9,50 ± 0,01 ^{hij}	17,74 ± 0,10 ^g	244,43 ± 0,01 ^{fg}	2634,28 ± 0,42 ^m
<i>Scleria striatinux</i>	5,16 ± 0,28 ^h	6,27 ± 0,03 ^e	27,86 ± 0,10 ^h	238,41 ± 0,35 ^{efg}	782,60 ± 0,28 ^d
<i>Piper guineense</i>	8,10 ± 0,12 ⁿ	12,65 ± 0,01 ^k	5,36 ± 0,08 ^{cd}	750,35 ± 0,14 ⁿ	1028,54 ± 0,14 ^h
<i>Piper capense</i>	9,20 ± 0,04 ^q	17,47 ± 0,02 ^l	41,94 ± 1,40 ^j	566,76 ± 0,14 ^m	2521,46 ± 0,35 ^l
<i>Dichrostachys glomerata</i>	4,08 ± 0,06 ^e	10,09 ± 0,01 ^{ij}	2,91 ± 0,11 ^{abc}	305,69 ± 0,01 ^{ij}	964,96 ± 0,28 ^{gh}

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart type.

Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

MS, *S. zenkeri* (écorce), 9,04 ± 0,16% MS, *H. gabonii* (écorce) 8,72 ± 0,37% MS et les plus faibles chez: *H. gabonii* (fruit) 2,01 ± 0,14% MS, *M. myristica* 2,21 ± 0,17% MS, *S. zenkeri* (fruit) 2,50 ± 0,01% MS. Les écorces contiennent plus de cendres que les graines. Lorsqu'on compare les épices appartenant à la même famille, on constate que les Zingibéracées ont des teneurs en cendres totales distinctes avec *Aframomum* sp.: 8,70 ± 0,14% et *Aframomum daniellii*: 5,20 ± 0,47%. Chez les Annonacées, *X. aethiopica* (3,22 ± 0,01%), *X. parviflora* (4,51 ± 0,01%) et *X. africana* (4,74 ± 0,1%) ont des teneurs en cendres totales différentes les unes des autres (au seuil de 5%). Il en est de même chez les Mimosacées, les Rutacées et les Caesalpiniacées.

2. Teneurs en phosphore

Les teneurs en phosphore des épices varient entre 0,60 ± 0,01 mg/100 g MS (*H. gabonii* fruit) et 29,22 ± 0,03 mg/100 g MS (*H. zenkeri*). Les comparaisons effectuées au sein des familles montrent des variations de la teneur en phosphore. Ainsi, chez les Zingibéracées, *A. daniellii* contient 5,54 ± 0,01 mg/100 g MS contre 9,50 ± 0,01 mg/100 g MS pour *Aframomum* sp.

Chez les deux Mimosacées, *T. tetraptera* a une quantité de phosphore dans le même ordre que *D. glomerata* (de l'ordre de 0,01%).

Chez les Rutacées, avec 6,19 ± 0,01 mg/100 g MS, *F. xanthoxyloïdes* contient plus de phosphore que *F. leprierii* (4,16 ± 0,01 mg/100 g MS).

3. Teneurs en fer

Les teneurs en fer des épices étudiées varient de 0,29 ± 0,01 à 41,94 ± 1,40 mg/100 g MS. Des valeurs élevées sont notées chez *P. capense* 41,94 ± 1,40 mg/100 g MS, *S. striatinux* 27,86 ± 0,1 mg/100 g MS, *Aframomum* sp. 17,74 ± 0,10 mg/100 g MS et la valeur la plus faible chez *S. zenkeri* (fruit) 0,29 ± 0,01 mg/100 g MS. Au vu des recommandations de la FAO/WHO (7) qui sont respectivement de 10 mg pour les enfants de 3 à 12 ans, 28 mg pour les adolescents de 12 à 20 ans, 9 mg pour les adultes modérément actifs, les teneurs en fer des échantillons ne sont pas négligeables. En somme, ces épices peuvent être considérées comme des sources potentielles de fer pour l'alimentation étant donné qu'on les utilise en mélange dans les préparations condimentaires.

4. Teneurs en calcium

Les teneurs en calcium vont de 89,13 à 2789,35 mg/100 g MS. Les échantillons les plus riches en calcium sont: *S. zenkeri* (écorce) 2789,35 ± 0,92 mg/100 g MS, *H. gabonii* (écorce) 2571,01 ± 0,21 mg/100 g MS, *M. whitei* 1069,62 ± 0,07 mg/100 g MS et les plus pauvres *S. zenkeri* (fruit) 89,13 ± 0,21

mg/100 g MS, *H. gabonii* (fruit) $101,19 \pm 0,07$ mg/100 g MS, *M. myristica* $112,98 \pm 0,21$ mg/100 g MS. Pour la même espèce, la teneur en calcium est plus importante dans l'écorce que dans le fruit. Le taux de calcium dans les épices étudiées est loin d'être négligeable lorsqu'on se réfère aux recommandations préconisées par Druke (1986) cité par Chappuis (4) qui sont de 500 mg/jour pour un enfant de 1 à 3 ans, 900 mg/jour pour un adolescent de 13 à 19 ans et de 1100 mg/jour pour une femme allaitant. Dans les sauces *Nkui* et *Nah poh* qui contiennent beaucoup d'épices, on peut considérer que l'apport en Ca est largement satisfait.

5. Teneurs en magnésium

Les teneurs en magnésium des échantillons varient entre $228,28$ et $2800,65 \pm 0,57$ mg/100 g MS, avec des valeurs élevées pour *S. zenkeri* (écorce) ($2800,65 \pm 0,56$ mg/100 g MS), *H. gabonii* ($2789,34 \pm 0,35$ mg/100 g MS) et des valeurs faibles pour *S. zenkeri* (fruit) ($228,28 \pm 0,35$ mg/100 g MS), *M. myristica* ($238,46 \pm 0,21$ mg/100 g MS). Par rapport à l'apport recommandé pour les différents groupes d'individus qui varie de 1 (pour les enfants de 1 à 3 ans) à 5 mg par jour (pour une femme allaitant) (4), on peut dire que les épices du *Nkui* et du *Nah poh* sont des sources potentielles de magnésium pour l'alimentation. On note des variations des teneurs en magnésium au sein des échantillons appartenant à la même famille également entre les différentes parties de la plante utilisée. Ainsi chez les *Aframomum* (Zingibéracées), *A. daniellii* ($900,65 \pm 0,28$ mg /100 g MS) et *Aframomum* sp. ($2634,28 \pm 0,42$ mg/100 g MS) ont des teneurs en magnésium distinctes au seuil de 5%. Il en est de

même chez les Annonacées, *X. aethiopica* ($2444,43 \pm 0,14$ mg/100 g MS), *X. parviflora* ($1562,63 \pm 0,14$ mg/100 g MS) et *X. africana* ($1768,36 \pm 0,07$ mg/100 g MS).

Conclusion

Les différents constituants analysés montrent une grande variabilité en fonction des épices et de la partie de la plante utilisée comme épice. Cette grande variabilité peut constituer un handicap dans le cadre d'une gestion rationnelle de ces épices dans l'alimentation étant donné qu'elles sont en général utilisées en mélange. Étant donné que dans les deux types de sauces, les épices sont utilisées en mélange, on peut néanmoins les considérer comme des sources non négligeables en certains nutriments. Compte tenu de tous les résultats, on peut proposer la définition suivante du mot épice dans le contexte africain: «Les épices traditionnelles sont des produits nobles s'utilisant en petites quantités seules ou dans des mélanges non seulement pour la saveur qu'elles confèrent aux aliments dans lesquels on les incorpore, mais aussi pour leur rôle nutritionnel (apport en lipides, glucides, protéines et minéraux non négligeable), leurs propriétés fonctionnelles et leurs vertus pharmacologiques». Ces épices pourraient contribuer à l'amélioration des conditions physiologiques de l'homme, entre autre en favorisant le transit intestinal étant donné que les fibres brutes sont présentes en grande quantité dans certaines des épices étudiées (épices écorce), par ses propriétés aromatiques dont le rôle n'est plus à démontrer dans le choix organoleptique des mets.

Références bibliographiques

1. Abeza R.H., Blake J.T. & Fisher E.J., 1968, Oxalate determination. Analytical problems encountered with certain plant species, J. Assoc. Off. Agric. Chem. 51, 963.
2. AFNOR (Association Française de Normalisation), 1986, Eaux-Méthode d'essai. Recueil de norme française, Paris, France.
3. Audigé C., Figarella J. & Zonzain, 1980, Manipulations d'analyses biochimiques, Doin éditeur Paris, France, p. 274.
4. Chappuis P., 1991, Les oligo-éléments en médecine et biologie. Edition Médicales Internationales, Lavoisier Tec & Doc, Paris, France, 653 p.
5. Devani M.B., Shishoo J.C., Shal S.A. & Suhagia B.N., 1989, Spectrophotometrical method for micro determination of nitrogen in Kjeldahl digest. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 72, 6, 953-956
6. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Robers P.A. & Smith F., 1956, Colorimetric method for determination of sugar and related substances; Anal. Chem. 28, 350-356.
7. FAO/WHO, 1989, Utilisation des aliments tropicaux: céréales. Etude FAO/ Alimentation et nutrition, FAO, 47/1 Rome, Italie.
8. Fekam Boyom F., 1992, Huiles essentielles de quelques Annonacées du Cameroun: teneurs, caractéristiques. Thèse de Doctorat 3^e cycle de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, Cameroun, 243 p.
9. Gontzea I., Ferrando R. & Suzesco P., 1968, Substances antinutritives naturelles des aliments. Vigot-frères; Paris, France, 166 p.
10. IUPAC (International Union of Applied Chemistry), 1979, Standard methods for analysis of oils, Fats and derivatives. 6th Edition, Pergamon Press. Paris, France, 170 p.
11. Jazet Dongmo P.M., 1992, Extraction et analyse de deux plantes aromatiques et à épices de la famille des Rutacées: *Zanthoxylum leprieurii*. Perr et *Zanthoxylum xanthoxyloides* Waterm. Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, Cameroun, 229 p.
12. Mbofung C.M.F., Gee J.M. & Knight. J.D., 1994, Fatty acid profil of some Cameroonian spices. J Sci. Food Agric. 66, 213-216.
13. Mois K.W., 1953, Determination of oxalic acid in plants, Qd. J. Agric. Sci. 10, 1.
14. Navellier P. & Jolivet H., 1965, Epices, aromates, herbes et condiments. Modificateurs des caractères organoleptiques des denrées. Annale de la nutrition et de l'alimentation, 19, 5, 449-480.
15. Noumi E., 1984, Les plantes à épices, à condiments et à arômes du Cameroun: Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle en sciences biologiques. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé, Cameroun, 165 p.
16. Rodier J., 1978, L'analyse de l'eau: chimie, physico-chimie, bactériologie,

- biologie. 6^{ème} Edition, Dunod Technique, Paris, France, 1136 p.
17. Southgate D.A., Branch W.J., Hill M.J., Drasar B.S., Walter R.I., Davier P.S. & Melean Baird I., 1976, Metabolic responses of dietary supplements of bran. *Metabolism*, 25, 1129-1135.
18. Trignan J., 1991, Probabilités statistiques et leurs applications. Editions Breal. Rosny Cedex. Paris, France, 204 p.
19. Wolf J.P., 1968, Manuel d'analyses des corps gras; Azoulay, éditeur; Paris, France, 519 p.

C. Tchiégang, Camerounais, Professeur de rang magistral de Biochimie Alimentaire et Nutrition au Département des Sciences Alimentaires et Nutrition de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré-Cameroun.

P.D. Mbougoueng, Camerounais, Etudiant en thèse en Sciences Alimentaires et Nutrition au Département des Sciences Alimentaires et Nutrition de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles, Université de Ngaoundéré-Cameroun.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE ADRESVERANDERING

CHANGING OF ADDRESS CAMBIO DE DIRECCION

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

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

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

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

Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'élevage de petits ruminants dans la province de l'ouest du Cameroun

I.R. Tchouamo¹, J. Tchoumboué¹ & Lise Thibault²

Keywords: Breeding -Small ruminant- Characteristics- Cameroon

Résumé

Les caractéristiques socio-économiques de l'élevage des petits ruminants ont été étudiées entre mars et août 2003 dans 55 élevages de la province de l'ouest du Cameroun (LN3' 5°, LE 8' 20°). Les résultats obtenus montrent que l'élevage de petits ruminants est exercé à 90% par des hommes âgés, mariés à plus de 95% et polygames à 63% avec 50% ayant 3 femmes et plus. Les éleveurs sont à 80% chrétiens, plus de 20% n'ont jamais été à l'école, mais 40% ont une expérience supérieure à 10 ans dans cet élevage. La main-d'œuvre reste familiale (90%). L'objectif principal de l'élevage est à 78% la vente malgré le fait qu'il ne contribue que 4% aux revenus des ménages. Les éleveurs dépensent peu pour leurs animaux et sont victimes de pertes représentant 78% de leurs dépenses. Le troupeau est constitué de chèvres naines de Guinée, de moutons Djallonké et des croisés Mérinos. Les exploitations élevant uniquement les caprins représentent 80% des cas alors que celles possédant à la fois les caprins et les ovins sont en très faible proportion (5%). Le nombre de têtes de chèvres par exploitation varie de 1 à 5 pour 87% des élevages. La conduite de l'élevage est axée sur la claustration saisonnière pour les caprins et le pastoralisme pour les ovins respectivement pour 81 et 60% des exploitations. Le logement des caprins est inexistant, 67% dorment dans la maison familiale. L'alimentation est basée sur l'exploitation du pâturage naturel, la complémentation est pratiquée par 75% des éleveurs dont 44 et 20% utilisent les déchets de cuisine et de cultures respectivement. En ce qui est des types de naissances; 56, 38 et 6% sont simples, doubles et triples respectivement; et la mortalité pré sevrage est de 28%. Les principales pathologies sont la diarrhée et les maladies respiratoires respectivement pour 80 et 70% des cas de maladies. Les principales contraintes telles qu'exprimées par 64, 32, 47, et 35% des éleveurs sont le vol, les mortalités par maladie, le manque de crédit et le manque de pâturage respectivement. Les perspectives sont la continuation de l'élevage. Ils aimeraient augmenter leurs troupeaux (58%), avoir un accès facile aux médicaments (53%), construire des abris pour les animaux (11%) et améliorer le pâturage (5%).

Summary

Socio-Economic Characteristics of Small Ruminant Rearing in the West Province of Cameroon

Between March and August 2003, a survey was carried out to assess the socio-economic characteristics of small ruminant rearing in the West Province of Cameroon (LN 3' 5°, LE 8' 20°). A total of 55 farms were investigated through direct interviews and observations. The main results indicate that: Socio-economically, small ruminant rearing is a male activity (90%). Farmers are more than 40 years old (75%). The majority are married (95%), polygamist (63%) and have more than 3 wives (50%). Few of them are Christians (8%), while one fifth is illiterate but 40% have more than 10 years of experience in animal rearing. The majority of the farmers (90%) use family labour. They raise animal mostly for market (78%), despite the fact that small ruminant rearing contributes only for 4% to the household annual income. Farmers invest very little on animals. Zootechnically, herd are made of West African Dwarf Goat, Djallonke sheep and Merinos crossbred. Goat and sheep herds represent 80% and 5% respectively. Goat herd varies from 1 to 5 for 85% of the farmers, 67% of whom house animal in the kitchen. Feeding is mainly on pasture. Complementary diet is provided by 74% with 44 and 20% of them using kitchen and agricultural wastes respectively. As concern the types of births; 56, 38 and 6% are simple, double and triple respectively. Before weaning mortality is 28%. The main diseases are diarrhoea (80%) and respiratory complications (70%). The main constraints as indicated by 64, 32, 47 and 35% of farmers are theft, mortality, shortage of credit and lack of pasture respectively. Respectives to their perspectives, farmers would like to increase the herd (58%), access easily to pharmaceutical products (53%), build separate houses for animals (11%) and improve the pasture (5%).

¹ Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 245, Tel. (237) 345 13 51 Dschang, Cameroun. E- mail: itchouamo@yahoo.com

² Faculté des Sciences et Techniques, Université de Corse, France.
Reçu le 17.05.04. et accepté pour publication le 17.12.04.

Introduction

Les petits ruminants occupent une place importante dans le secteur de la production animale et l'ensemble de l'économie de nombreux pays en développement (8). Leur élevage présente de nombreux avantages: faciles à manipuler à cause de leur petit format, ils sont peu exigeants en qualité de fourrage. La quantité de viande produite par un animal peut satisfaire les besoins d'une famille. La conduite de l'élevage est facile et ne nécessite aucune formation préalable. Aucune religion n'interdit leur consommation. Résistants à la trypanosomiase, ils peuvent être élevés dans toutes les zones agroécologiques (5, 17, 24).

Le tableau 1 présente l'évolution du cheptel mondial d'ovins et de caprins en 1990 et en 2000. Il révèle que l'Afrique abrite le deuxième cheptel mondial de petits ruminants après l'Asie. Ce cheptel est en constante croissance avec 14,7% et 17,5% respectivement pour les ovins et les caprins. L'Afrique possède 23,4% et 29,2% du cheptel mondial d'ovins et de caprins respectivement. Après la volaille et les bovins, les petits ruminants représentent les espèces les plus fréquentes dans le système agricole africain. Selon Wilson (24), l'Afrique tropicale abrite 1/3 et 1/6 du cheptel mondial des caprins et des ovins respectivement, ce qui représente 1,1 têtes de petits ruminants par personne active dans le secteur agricole.

Tchoumboué et Biondokin (18) notent qu'au Cameroun, l'effectif des petits ruminants tend à se stabiliser, voire à diminuer en raison de la réduction des espaces face à la pression démographique.

MINEPIA (11) révèle que le troupeau camerounais de caprin est 1,2 fois plus élevé que celui d'ovin. En 2001, il comportait 5,3 millions de têtes réparties entre 2,8 et 2,6 millions de caprins et d'ovins respectivement. Les provinces du nord et de l'extrême nord abritent 60,5 et 61,6% pour les ovins et les caprins respectivement. Des ovins sont représentés par la race Djallonké et le mouton peul «oudah» et les waila. Les caprins

comprennent la chèvre naine de guinée (West african dwarf goat), la chèvre de Maradi (Sokoto red goat) et la chèvre sahélienne.

Les principaux objectifs de production sont sociaux, de dons, mais surtout de rentabilité économique en complément à l'agriculture. Cependant, on constate que: les possibilités d'alimentation sont saisonnières, les ressources financières allouées sont limitées, l'organisation des éleveurs est inexistante. L'objectif de la présente étude est de déterminer les caractéristiques socio-économiques de cet élevage dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun. Il en découlera les principales contraintes et les perspectives d'avenir.

Matériel et méthodes

Entre mars et août 2003, des informations sur les caractéristiques socio-économiques de l'élevage de petits ruminants ont été collectées dans 55 élevages dans les hautes terres de l'ouest du Cameroun (LN 3° 5' et LE 8° 20') à l'aide d'interviews directs et d'un questionnaire structuré.

Les données socio-économiques sont relatives à l'âge, le sexe, la taille de la famille, les croyances religieuses, le niveau d'éducation formelle, la principale activité professionnelle, l'expérience dans l'élevage et la nature de la main-d'œuvre. Les données zootechniques sont relatives à la répartition du cheptel, la conduite du troupeau, l'alimentation, les performances de reproduction, et la santé. Les données économiques concernent l'objectif de l'élevage, les dépenses engagées, l'estimation de l'économie de production. Les contraintes et les perspectives de l'exploitation sont identifiées.

Choix des enquêtés

Les 55 élevages ont été choisis dans 12 quartiers de Bafou. Compte tenu de l'importance de l'élevage par

Tableau 1
Taille du Cheptel Mondial d'Ovins et de Caprins en 1990 et en 2000

Continents	Ovins (1000 têtes)		Evolution (%)	Caprins (1000 têtes)		Evolution (%)
	1990	2000		1990	2000	
Monde	1 058 694	1 057 908	-0,07	573 680	720 008	20,3
Asie	348 641	413 465	15,7	346 678	455 247	23,8
Afrique	205 530	241 073	14,7	172 619	209 346	17,5
Océanie	222 914	161 507	-38,0	1 842	677	-172,1
Amérique Centrale et du Nord	180 899	150 179	-24,5	14 943	14 111	-5,9
Amérique du Sud	104 460	76 205	-37,1	22 179	22 557	1,7
Europe	158 250	150 479	-5,2	15 419	18 070	14,7

Source : FAO, 2000, 54

zone, la distribution des exploitations était la suivante: 19 dans la partie nord (Djuttisa, Mekou, Mezet, Melang et Meloung), 16 dans le centre (Aghong, Lingang, Loung et Feummock) et 20 dans le sud (Lepe, Mbeng et Sessa).

Les statistiques descriptives (moyennes, pourcentages, coefficients de corrélation, les écarts-type) ont été utilisées pour analyser les données en majorité qualitatives. Le test des écarts-type de Schwartz (15) a été utilisé pour comparer les propositions observées entre le nord, le centre et le sud de Bafou.

Brève présentation de la zone d'étude

Les données ont été collectées dans les hautes terres de l'ouest du Cameroun et plus spécifiquement dans la localité de Bafou, arrondissement de Nkong-Ni; département de la Menoua. La zone a été choisie sur le fait qu'elle présente toutes les caractéristiques des hauts plateaux de l'ouest sur les plans physiques et démographiques. Elle est située entre LN 8° 10' et LE 5° 8'; l'altitude varie de 800 à 2669 m. Les sols sont ferrallitiques rouges typiques et volcaniques par endroit (21). Les sols volcaniques résultent des éruptions des monts Bambouto au cours du quaternaire. La nappe phréatique proche permet continuellement un ravitaillement en eau. Les pâturages sont abondants en saison des pluies (2).

La végétation est de type savane arbustive avec des galeries forestières modifiées par l'action anthropique. Les principales espèces fourragères sont: *Hyparrhenia*, *Panicum*, *Pennisetum* (*purpureum* et *clandestinum*), *Sporobolus*, *Melinis*, *Bracchiaria*, *Desmodium*, *Leucaena*, *Caliandra* et *Imperata*.

Le climat, de type équatorial, a des précipitations qui varient de 1800 à 2000 mm sur 9 mois entre mars et novembre. L'amplitude thermique est faible. Elle varie entre 15 et 27 °C. L'humidité relative est de 40% en janvier et février et de 100% en juillet et août. La densité de population varie de 200 habitants/km² avec des pics de 1500 habitants/km² à Maya (3) alors que la moyenne nationale n'est que de 32,81 habitants/km². Le taux de croissance annuelle de la population de cette région est de 3%, supérieure à la moyenne nationale 2,87% (14).

La population de Bafou est estimée à 60.000 habitants répartie sur une superficie de 178 km². Cependant, on note un contraste entre le nord (zone d'altitude) et le sud (granitique), faiblement peuplés et d'autre part le plateau basaltique du centre qui rassemble l'essentiel de la population.

La localité de Bafou, par sa population et sa superficie, est l'une des organisations sociales les plus importantes des hautes terres de l'ouest du Cameroun.

L'économie de la zone d'étude est essentiellement agricole, agriculture type des hautes terres de l'ouest. Il s'agit non seulement d'une économie remarquable

par ses performances traditionnelles qui lui ont permis de nourrir de fortes densités de population, mais aussi par son dynamisme qui facilite son adaptation aux conditions nouvelles créées par l'intégration dans l'économie marchande: adoption de l'arabiculture pour l'exportation sur les marchés européens, dégagent des surplus vivriers et adoption du maraîchage et de l'élevage spécialisé pour le ravitaillement des villes du Cameroun et des pays voisins (Gabon, Congo, et République Centrafricaine). Cette agriculture a donné à la population un niveau de vie comparable si non plus à celui de nombreux citoyens camerounais.

Le *Raphia vinifera* joue un rôle économique et social très important. Le vin de raphia et les caprins sont requis à toutes les cérémonies traditionnelles (funérailles, mariages, culte des ancêtres, fêtes des jumeaux). Sur des surfaces exiguës (1,2 ha par exploitation en moyenne), les Bafous pratiquent des systèmes d'exploitation très intensifs basés sur une rotation de culture de pomme de terre, du haricot commun, de la carotte, des choux, des poireaux, du maïs, de l'oignon et des fruits (avocats). La localité dispose de plusieurs marchés hebdomadaires qui servent des lieux d'échange. Le marché, «Sa'a Maya», se tient tous les huit jours.

Résultats

Données sociales

Ainsi que le montre le tableau 2, l'élevage des petits ruminants est non seulement une activité essentiellement masculine, mais aussi une activité exercée par des hommes âgés et mariés à plus d'une femme. Ceux qui ont plus de quatre épouses représentent 31% des enquêtés. Quoique 80% des enquêtés soient de religion chrétienne, seuls 37% sont mariés à une seule épouse, 63% étant polygames. Les femmes ne représentent que 11% des participants à l'enquête. L'âge avancé des enquêtés coïncide avec les résultats des enquêtes agricoles de 1987 (moyenne d'âge égale 55 ans) et de ceux de Manjeli *et al.* (9).

Le fait que la majorité des responsables de l'élevage (76%) aient été à l'école est certainement un avantage dans l'optique de la construction des innovations relatives à la protection sanitaire et l'alimentation des petits ruminants.

Les éleveurs des petits ruminants sont surtout des agriculteurs (60), suivis des fonctionnaires (13%) et des retraités (11%). L'ancienneté des éleveurs dans l'activité varie de 2 à plus de 21 ans. Plus du cinquième des enquêtés (22%) élèvent les petits ruminants depuis plus de 20 ans. La main-d'œuvre est surtout familiale. Ces résultats jouent un rôle primordial et concordent avec ceux de Killanga et Traoré (8) qui ont constaté qu'au Mali central, le rôle des enfants était déterminant dans l'élevage des petits ruminants.

La vente constitue l'objectif de la grande majorité

Tableau 2
Caractéristiques sociales des éleveurs de petits ruminants dans la localité de Bafou

Caractéristiques sociales	Nord	Centre	Sud	Bafou
Nombre d'élevages	N= 19	N= 16	N= 20	N= 55
- Sexe et tranche d'âge	100	87	80	81
- Masculin	0	0	44	14
- 20-40	58	36	50	44
- 41-60	42	64	6	37
- 61 et plus	0	12	20	11
- Féminin	0	100	0	33
- 20-40	0	0	100	67
- 41-60	0	0	0	0
- 61 et plus				
- Régime matrimonial	0	0	5	4
- Veuf ou célibataire	95	100	95	96
- Marié	39	6	53	37
* monogames	61	94	47	63
* polygames				
- Nombre d'épouses	45	27	89	49
2	27	27	0	20
3	5	47	11	31
4 et plus				
- Religion				
- Chrétienne	89	81	70	80
- Animiste	5	19	25	16
- Musulmane	5	0	0	2
- Témoin de Jehovah	0	0	5	2
- Niveau d'éducation				
* N'a jamais été à l'école	21	44	10	24
* Primaire	53	37	40	44
* Secondaire	21	19	35	26
* Supérieur	5	0	15	7
-Principale activité professionnelle				
- Agriculteur	95	48	40	59
- Retraité	0	31	5	11
- Fonctionnaire	0	6	30	13
- Autres	5	19	25	17
- Expérience en élevage (années)				
0 à 5	10	50	55	38
6-10	21	6	25	18
11-15	5	19	0	7
16-20	16	12	15	14
20 et plus	47	12	5	21
- Main-d'œuvre				
- Familiale	74	100	95	89
* enfants	57	56	53	55
* chef famille	43	37	26	35
* femme	0	6	21	10
- Salariale	26	0	5	11
Objectifs de l'élevage				
- Vente	83	75	75	78
- Epargne	11	19	10	13
- Social (don, sacrifie)	6	16	15	9

des éleveurs. En effet, 78% des enquêtés produisent exclusivement pour le marché. A l'inverse, les éleveurs dont l'objectif principal est l'épargne ou le social ne sont que 13% et 9% respectivement. Au nord où le

troupeau est plus grand, l'objectif de vente est plus significatif qu'au centre et qu'au sud. Ici, les petits ruminants ont un rôle social très important. Ils sont sacrifiés sur les crânes des ancêtres, et dans les lieux

sacrés. Ils sont aussi offerts vivants dans les forêts sacrées (16). Ils sont également offerts en cadeaux aux visiteurs. Ils entrent dans les éléments de la dot. Aujourd'hui, on offre un mouton comme symbole d'une femme d'autrefois. De plus, les jeunes au zénith de leur procréation ne sont pas encouragés à élever les moutons. Les populations croient que la prolificité du troupeau peut absorber celle du propriétaire.

Les petits ruminants, très appréciés, sont fréquemment abattus et consommés lors des cérémonies des funérailles, des mariages et des sacrifices.

Données zootechniques

Le cheptel

Les élevages enquêtés comportent 405 caprins et 293 ovins (Tableau 3). Tous les caprins sont des chèvres naines de Guinée, 33% des ovins ont du sang Mérinos, le reste étant de race Djallonké.

En général, les éleveurs possèdent des caprins (82%). Ces résultats concordent avec ceux de Tchoumboué (17). Les caprins sont plus nombreux au centre et au sud qu'au nord. Les ovins sont nombreux au nord, là où les pâturages sont encore disponibles. Dans la zone d'étude, les moutons ne sont pas autant demandés qu'au Mali central et dans l'Oueme et le plateau central du Bénin (6, 8). En effet, les musulmans ne sont pas

nombreux (2%). Les Bafous comme les populations des hautes terres de l'ouest du Cameroun consomment surtout les caprins et les porcs. Compte tenu de l'importance des caprins, une analyse particulière de son cheptel a été réalisée (Tableau 4).

Ce tableau révèle que les troupeaux sont de petite taille (moins de 5 têtes). En effet des études réalisées par Tchoumboué *et al.* (18) avaient montré qu'au Cameroun, la taille des élevages des caprins variait le plus souvent de 1 à 6 têtes. Ces résultats confirment les travaux du Ministère de l'Agriculture (12) qui avait constaté que dans l'ouest du Cameroun, la taille moyenne du cheptel des caprins n'était que de 2,7. Il n'y a pas de différence significative sur la taille des troupeaux de caprins dans les régions de Bafou. Les plus grands troupeaux sont observés dans le Centre et le Sud, où le pâturage est pourtant rare. Les bêtes sont nourries de déchets de cultures. L'intensification est donc une nécessité. Le manque de place pour l'élevage ne peut permettre de garder un grand nombre de têtes.

Les techniques d'élevage

La conduite du troupeau

Le tableau 5 révèle que la claustration saisonnière est la conduite la plus utilisée chez les chèvres. La claustration permanente est tout de même

Tableau 3
Répartition des éleveurs en fonction des espèces élevées (% total)

Espèces	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Ovins	32	0	5	13
Caprins	53	100	95	82
Les deux	15	0	0	5

Tableau 4
Répartition des troupeaux de caprins selon leur taille (%)

Nombre de têtes par troupeau	Nord (n= 13)	Centre (n= 16)	Sud (n= 19)	Bafou (n= 55)
1 à 5	80	84	85	88
6 à 10	10	0	0	2
10 <	10	16	15	10

Tableau 5
Répartition des éleveurs en fonction de la conduite des troupeau (% total)

Espèces	Gestion	Nord	Centre	Sud	Bafou
		(n= 13)	(n= 16)	(n= 19)	(n= 55)
Caprins	-claustration permanente	8	19	21	17
	-claustration saisonnière	85	81	79	81
	-pastoralisme	8	0	0	2
Ovins	-claustration permanente	11	0	0	10
	-claustration saisonnière	22	0	100	30
	-pastoralisme	67	0	0	6

Tableau 6
Répartition des éleveurs en fonction du type de logement des caprins (% total)

Logement	Nord (n= 13)	Centre (n= 16)	Sud (n= 19)	Bafou (n= 48)
Chambre	15	88	84	67
Case	15	6	11	10
Enclos	23	6	5	10
Piquet	46	0	0	13

présente. Ces données sont en accord avec celles de Tchoumboué (17) qui notait que parmi les élevages caprins en zone soudano-guinéenne d'altitude du Cameroun, 80% étaient en claustration saisonnière, 15% en claustration permanente et 5% en divagation permanente. A Bafou, il n'y a pas de divagation permanente, mais du pastoralisme au nord en présence de bergers afin de surveiller les troupeaux pour la protection des cultures. Le pastoralisme s'observe dans les cheptels d'ovins supérieurs à 20 têtes, pour la simple raison qu'il faut une certaine rentabilité pour engager un berger. En rassemblant les ovins et les caprins, on note 72% de claustration saisonnière, 16% de claustration permanente et 12% de pastoralisme.

Teguia *et al.* (21) faisaient remarquer que la claustration saisonnière dans l'ensemble de la Ménoua représentait 84% et la claustration permanente 16%. Ceci laisse croire qu'il n'existerait ni divagation permanente, ni pastoralisme. La claustration permanente est fréquente au sud et au centre, où la population est dense et les pâturages inexistantes. Par contre, au nord, le pastoralisme est très utilisé pour les grands troupeaux d'ovins où les pâturages d'état sont encore présents. Les éleveurs, en même temps agriculteurs, privilégient souvent des espaces cultivés au pâturage. C'est ainsi que la divagation tend à disparaître au fur et à mesure que les espaces cultivés croissent.

La nuit, les bêtes sont rentrées dans la concession. Si les ovins sont souvent parqués dans un enclos, tel n'est pas le cas pour les caprins qui, très souvent, partagent les chambres avec les éleveurs (Tableau 6).

Dans la plupart des cas, une chambre de maison familiale est réservée aux animaux. Dans le nord, la majorité des animaux est au piquet contrairement au sud et au centre où ils sont rentrés dans la maison

dans presque tous les élevages. Ceci, probablement pour lutter contre les vols fréquents. Lorsqu'ils sont claustrés dans un enclos, c'est que les animaux sont nombreux. Sinon, ils sont au piquet dans la cour.

L'alimentation

La base de l'alimentation des animaux reste le pâturage naturel. Dalil (1) et Tedonkeng Pamo *et al.* (19) indiquent que les animaux nourris exclusivement au pâturage ont généralement un taux de croissance faible et représentent seulement 10% du potentiel génétique. Ainsi, la complémentation est nécessaire (Tableau 7).

Apparemment, on penserait que les animaux sont en majorité complémentés. Cependant, hormis l'offre de sel, souvent utilisé pour fidéliser les animaux, la complémentation serait seulement effectuée à 51%. Ce sont les déchets de cuisine qui sont le plus fréquemment offerts après le sel. La complémentation est significativement plus importante au centre et au sud qu'au nord. Ceci est principalement dû au manque de pâturage. Les animaux du sud reçoivent plus de déchets de cultures que les autres. Seuls 7% des animaux complémentés mangent de la provende. Moins de la moitié (40%) des éleveurs offrent de l'eau aux bêtes. Ainsi, l'intensification de la production, c'est-à-dire la chèvre de case, comme le notaient Teguia *et al.* (21) est une solution pour pallier aux manques de pâturage en donnant davantage de déchets et de sous-produits (tourteau et mélasse).

Les performances de reproduction

La reproduction n'est pas contrôlée car 51% des éleveurs laissent leurs femelles se faire saillir par des mâles en divagation. Ainsi, toutes les femelles ne peuvent recevoir le mâle. Plus de 25% des éleveurs louent (500 à 1000 FCFA) ou se font prêter

Tableau 7
Répartition des éleveurs en fonction du type de complémentation alimentaire (% total)

Complément	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Sel	89	100	67	83
Maïs	11	21	33	24
Déchets de cuisine	33	50	44	44
Déchet de cultures	11	5	33	19

les reproducteurs. La location se fait généralement les jours du marché. Tous les éleveurs d'ovins possèdent au moins un bélier mais seulement 18% des éleveurs de chèvres détiennent un bouc. Le sex-ratio est de 1/6. Ce résultat est faible par rapport à celui observé par Manjeli *et al.* (9) lors d'une enquête sur les troupeaux des caprins où, ils constatent un sex-ratio de 1/24 dans le département de la Menoua. Dans la zone d'étude, peu d'éleveurs aiment garder les mâles, car ils ne représentent peu d'intérêt. La plupart du temps, les petits mâles sont castrés (40%); engraisés et vendus. L'âge à la première mise bas des femelles est de 11 mois, légèrement supérieur à 10 mois noté par Manjeli *et al.* (10). Le tableau 8 présente les performances de reproduction observées dans la zone de Bafou.

Trois modes de naissance (simple, double et triple) ont été observés. Cependant la taille des portées est nettement inférieure à celle trouvée dans la littérature. Tchoumboué (17) avait observé 15% de naissance simple, 51% pour les doubles et 20% de triples. Nous relevons également un nombre de petits par mise bas et un taux de reproduction inférieurs à ceux relevés par Manjeli *et al.* (10) qui étaient de 1,64 et 1,7 respectivement. Ceci serait probablement dû à l'absence du mâle, et à l'insuffisance de l'alimentation qui empêcherait les femelles d'entrer en oestrus. Le taux de mortalité pré-sevrage est important. Ceci concorde avec les données de Tchoumboué (17) qui notait un taux variant de 30 à 40%. Les naissances multiples sont significativement plus importantes dans le sud, région où la complémentation alimentaire est mieux effectuée.

Les principaux problèmes de l'élevage consiste en la mise en reproduction à un très jeune âge des femelles qui sont encore en pleine croissance. Quand elles deviennent pleines, elles doivent répartir leur énergie entre leur propre croissance et le développement des

petits qu'elles portent. De plus, la production de lait nécessaire aux jeunes entrave aussi la croissance des mères (7). Tedonkeng Pamo *et al.* (19) font remarquer que la pauvreté de l'alimentation des chèvres entraîne un taux de mortalité des jeunes de 50% et une baisse de la fécondité (60 à 66%).

Le statut sanitaire

A Bafou, les vaccins sont réalisés dans 22% des élevages enquêtés. La moitié des éleveurs affirment vacciner leurs animaux contre la peste des petits ruminants; 17% disent que c'est contre le charbon symptomatique et le reste l'ignore.

En effet, la pathologie est régulièrement citée comme l'un des sérieux obstacles qui entrave la productivité de petits ruminants au Cameroun. Le tableau 9 résume les principales pathologies recensées à Bafou.

Les maladies recensées sont les mêmes que celles notées par Tchoumboué (17) en zone soudano-guinéenne d'altitude du Cameroun. Le problème majoritaire, la diarrhée, est plus sévère au nord que dans les autres zones de la localité d'étude. Le centre, par contre, doit faire face plus que les autres aux maladies respiratoires.

Face à ces fléaux, les éleveurs effectuent des traitements. La figure 1 indique les soins effectués en cas de diarrhée.

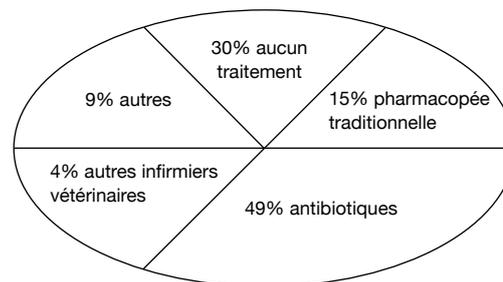


Figure 1: Répartition des éleveurs en fonction des soins effectués en cas de diarrhée.

Tableau 8
Répartition des performances de reproduction des petits ruminants

Paramètre de reproduction	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Mode de naissance (%)				
- simple	63	63	45	56
- double	31	31	50	38
- triple	5	6	5	6
Mortalité pré-sevrage (%)	33	26	25	28
Nombre de petits par mise bas	1,4 ± 0,4	1,4 ± 0,5	1,6 ± 0,4	1,5 ± 0,6
Reproductivité (nombre de mise bas par femelle et par an)	1,5 ± 0,2	1,6 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,3

Tableau 9
Répartition des éleveurs en fonction de la fréquence des pathologies rencontrés à Bafou

Pathologies	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Diarrhée	85	75	80	80
Pathologies respiratoires	79	94	35	69
Parasites externes et internes	26	19	20	22
Avortements	5	6	5	5

La majorité des soins apportés sont les antibiotiques, en injection ou en capsule. Pour soigner les infections respiratoires, les éleveurs appliquent du tabac sur les narines. Pour lutter contre les parasites externes les animaux sont brossés avec l'huile de palme. Les médicaments sont rares sur le marché local. Très souvent, les éleveurs appliquent les mêmes traitements quelle que soit la maladie, d'autant plus qu'il leur est difficile de diagnostiquer de quoi souffrent leurs animaux. Lorsqu'ils ne peuvent pas soigner, ils font appel aux infirmiers vétérinaires. Seuls 53% des éleveurs sont satisfaits des prestations de ces derniers. Parfois, les éleveurs n'administrent aucun soin soit parce qu'ils ne connaissent pas les traitements à appliquer, soit enfin parce qu'ils n'ont pas suffisamment d'argent.

Thiaucourt *et al.* (22) notent qu'en Afrique, la présence vétérinaire est souvent insuffisante pour assurer un bon contrôle et un bon suivi de l'évolution des maladies des petits ruminants.

Données économiques

Plusieurs objectifs amènent les gens à élever les petits ruminants (Tableau 10). L'objectif premier de l'élevage des petits ruminants à Bafou est la vente. Pour une minorité, les animaux sont gardés et vendus en cas de besoin. Ils constituent une épargne pour les ménages pauvres, notamment dans le centre du village. Manjeli *et al.* (9) et Tchouamo (16) notaient que les petits ruminants et notamment les chèvres avaient un rôle social non négligeable. Ils interviennent surtout lors des sacrifices aux ancêtres et à Dieu. Ils font partie des dots et de toutes les cérémonies traditionnelles. L'acquisition et le maintien des troupeaux requièrent des inputs. L'éleveur subit des dépenses et des pertes suite aux vols, aux maladies et à la mortalité des jeunes. Le tableau 11 indique la répartition des dépenses et des pertes enregistrées par les éleveurs de Bafou.

Les pertes enregistrées par les éleveurs de petits ruminants de Bafou sont énormes quelle que soit la zone.

L'achat des animaux est faible, suite aux vols intempestifs du bétail. Les dépenses liées à l'alimentation et à la santé des animaux sont très faibles et ne diffèrent non plus d'une zone à l'autre. Les dépenses pour la main-d'œuvre sont plus importantes au nord où le cheptel est plus important. Ici, les éleveurs ont recours aux services des bergers originaires de la communauté Mbororo. Les membres de cette société maîtrisent la conduite des animaux élevés notamment les bovins, les caprins et les ovins.

Malgré la présence des tontines que 65% des éleveurs utilisent, les difficultés financières sont le premier problème. En effet, les banques sont absentes du milieu d'élevage comme de la plupart des zones rurales du Cameroun. La relation producteur rural/banque se résume souvent à un manque de confiance. Les banquiers pour se prémunir des risques de non remboursement exigent des garanties de la part des producteurs ruraux. Dans la plupart des cas, ces derniers ne disposent pas des types de garanties requises (13).

La prolifération des tontines en zones rurales paraît être une solution. Malgré leur adaptation aux conditions socio-économiques des zones rurales, les tontines ne peuvent constituer une source de financement susceptible de subvenir aux besoins en capitaux des ruraux en général, et des éleveurs de petits ruminants en particulier.

L'achat et la vente du petit ruminant s'effectue généralement sur le marché de proximité et hebdomadaire de Bafou. La majorité (95%) des éleveurs achètent les animaux au marché, le reste étant le fruit de dons et héritages. Les chèvres et les moutons sont vendus sur pied pour les éleveurs classiques ou en pièces pour les éleveurs-bouchers. Les prix ont été évalués à 20.500 FCFA (adultes) et

Tableau 10
Répartition des éleveurs en fonction de l'objectif de l'élevage

Objectifs	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Vente	82	75	75	78
Epargne	10	19	10	13
Social	5	16	15	9

Tableau 11
Répartition de la part des dépenses et des pertes des éleveurs de Bafou (% total)

Nature de la dépense	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Achat des animaux	9	13	12	11
Aliments	4	5	2	4
Santé	3	1	2	2
Main-d'œuvre	10	0	4	5
Pertes	74	80	80	78

10.000 FCFA (jeunes). Le boucher vend le kilogramme de la chèvre et du mouton à 2.500 et 3.000 FCFA respectivement. Ces prix sont nettement plus élevés que le kilogramme du bœuf (1.700 FCFA). En général, les animaux vendus sont à 71% des petits âgés de 6 à 7 mois. La raison en est que les éleveurs veulent tirer profit de leurs animaux le plus rapidement possible avant qu'il y ait un éventuel vol. Les vieilles femelles sont renouvelées au bout de 4 à 5 ans.

Plus de la moitié des éleveurs (53%) vendent des bêtes toutes les périodes de l'année et selon les besoins. Certains (40%) attendent les moments les plus favorables où la demande est élevée (fêtes de fin d'année, de Pâques ou d'Ascension, saisons des funérailles, et post-épidémie).

Enfin, les autres cèdent leurs animaux à la rentrée des classes pour subvenir aux besoins scolaires des enfants.

Ils vendent directement aux consommateurs ou aux grossistes. Ces derniers évacuent leurs marchandises vers Baleveng, Dschang, Bafoussam et Bafang.

La vente des petits ruminants ne procure que 4% du revenu des ménages. Wilson (24) estime que si le revenu du ménage provenant directement du bétail est inférieur à 10% du revenu total, il s'agit d'un ménage agricole. En effet, l'élevage des petits ruminants n'est qu'une activité de subsistance dans les hautes terres de l'ouest du Cameroun. Il ne représente en fait que 3% des revenus des ménages (12).

L'élevage du petit ruminant dans la zone d'étude n'est pas une activité à part entière. Les habitants accordent un grand intérêt à l'élevage porcin. Ici, le porc «beau regard» est un animal «sacré». L'équipe locale de football en a fait son emblème.

Contraintes et perspectives

La contrainte majeure reste le vol. De nombreux éleveurs (47%) citent le manque d'argent pour bien conduire leurs troupeaux. Les éleveurs du sud semblent avoir plus de problèmes que les autres. Ils sont les plus nombreux à citer les problèmes de vol et de manque de pâturage. Ceux du centre présentent les mêmes problèmes, mais à de faibles proportions. Enfin, ceux du nord évoquent le manque de capital et les mortalités par maladie de manière plus importante que dans les autres zones (Tableau 12).

En effet, Bafou comporte des zones agro-écologiques

avec des différences spécifiques et des problèmes intrinsèques que la réalité semble bien masquer si l'on conçoit cette localité comme un tout parfaitement homogène (2, 3). La forte densité de la population au sud et au centre engendre un manque d'espace et des vols plus fréquents. De plus, les animaux étant au piquet s'auto-infectent en restant toujours au même endroit.

Malgré ces difficultés, les éleveurs (47%) de Bafou sont satisfaits de leur élevage. Cet avis positif tient compte du cheptel. Plus les troupeaux sont importants plus la satisfaction est grande. Le rendement tendrait à être meilleur avec beaucoup d'animaux.

Malgré le nombre élevé de personnes insatisfaites, seulement 7% pensent arrêter leur élevage en raison des grandes pertes qu'ils ont subies lors des vols et maladies. En effet, les petits ruminants constituent une source d'argent rapidement mobilisable toujours utile en cas de problèmes.

Pour améliorer leur élevage, 58% des ménages, si on leur donnait le capital, aimeraient augmenter leur troupeau. Etant donné la place disponible pour les faire paître, l'élevage évoluerait vers une forme plus intensifiée. La main-d'œuvre serait plus importante pour nourrir les animaux à l'aide des déchets de culture. De nombreux éleveurs (53%) souhaiteraient avoir un accès plus facile aux médicaments. D'autres souhaiteraient améliorer leur pâturage (6%) ou construire un enclos (7%). Certains, possédant un pâturage réduit ont pour projet de fabriquer le foin. Plusieurs éleveurs (12%) envisageraient de construire des abris pour les animaux.

Cependant, malgré ces rêves d'éleveurs, leurs projets restent vains étant donné le manque de capital et le manque d'intérêt réel pour cette spéculation secondaire.

Conclusion

L'étude a fait ressortir les principales caractéristiques socio-économiques, les techniques, les contraintes et les perspectives de l'élevage des petits ruminants dans la province de l'ouest du Cameroun. Cet élevage est exercé principalement par des hommes âgés, mariés et polygames. Leur niveau d'éducation formelle, quoique peu élevé est compensé par une longue expérience dans l'activité. La main-d'œuvre est principalement familiale. L'objectif de l'élevage est

Tableau 12
Répartition des éleveurs en fonction des contraintes relevées dans leur élevage
(% / total)

Contraintes	Nord (n= 19)	Centre (n= 16)	Sud (n= 20)	Bafou (n= 55)
Vols	41	53	63	65
Mortalités par maladies	35	36	26	33
Manque d'argent	60	40	46	47
Manque de pâturage	23	41	45	35

surtout la vente malgré son faible apport aux revenus des ménages. Les éleveurs investissent peu mais subissent de nombreuses pertes. Techniquement, les animaux sont des chèvres naines de Guinée, des moutons Djallonké et de sang Mérinos. Les caprins constituent majoritairement des troupeaux de petites tailles. Ils sont conduits en claustration saisonnière avec une tendance vers une claustration permanente en raison du manque d'espace. Le manque de capital explique l'inexistence de logements.

L'alimentation reste le pâturage naturel. Sa complémentation à l'aide de déchets de cuisine et des restes de cultures est faiblement réalisée. Cependant lorsqu'elle est suffisante, elle apporte des améliorations dans les performances des animaux. Aussi d'autres sources complémentaires d'aliments telles que les sous-produits de l'industrie (tourteaux d'arachide et de coton, etc.) devraient être plus accessibles.

Les performances de reproduction sont médiocres. Les maladies telles que les diarrhées et les pathologies respiratoires sont très fréquentes et responsables de nombreuses pertes. Ces dernières sont également causées par les vols, les mortalités, les maladies, le manque de capital financier et de pâturage. Ils rêvent d'accroître le nombre de leurs bêtes, et d'avoir un accès plus facile aux médicaments. Cependant ils reçoivent peu ou pas d'aides.

La demande en viande de petits ruminants est forte. Aussi, les éleveurs devraient saisir cette opportunité pour accroître leur production par le biais de l'intensification de leur élevage. Ils devraient garder les animaux à l'abri des convoitises des voisins et des passants en leur apportant du fourrage et une bonne complémentation. Par la claustration permanente, le développement de l'insémination artificielle s'avèrerait nécessaire.

Les chercheurs doivent poursuivre des études sur les maladies qui entravent l'élevage des petits ruminants, et sélectionner des géniteurs performants et adaptés à la zone d'étude.

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à l'Université de Corse pour le soutien financier accordé à Mademoiselle Lise Thibault lors de son séjour au Cameroun. Les auteurs se réjouissent de la précieuse collaboration des éleveurs de Bafou, des collègues des départements de Production Animale et de Vulgarisation Agricole et de Sociologie Rurale qui ont bien voulu lire et faire des suggestions pour l'amélioration de la version initiale ainsi que les méticuleux lecteurs de la revue Tropicultura.

Références bibliographiques

- Dalil A., 1997, Les performances de reproduction des ovins Massa en station à l'extrême-nord du Cameroun. *Tropicultura*, **18**, 4, 177-179.
- Dongmo J.L., Tsalefac M., Metangmo G. & Tazo E., 1990, Bafou: une grande chefferie de l'ouest Cameroun. CEPER, Yaoundé.
- Ducret G., 1988, Documents pédagogiques pour l'analyse du milieu rural: opération Bafou. INADER, Centre Universitaire de Dschang, Dschang.
- FAO, 2000, Annuaire (Productions), Rome.
- Gatenby R.M., 1991, Le mouton, Guide du Technicien d'Agriculture, Maisonneuve & Larose, Paris.
- Gbangboché A.B., Abiola F.A., Laporte J.P., Salifou S. & Leroy P.L., 2002, Amélioration des ovins dans l'Ouémé et le Plateau en République du Bénin: enjeux de croisement des ovins Djallonké avec les moutons du Sahel. *Tropicultura*, **20**, 2, 70-75.
- Jansen C. & Burg K. (Van den), 2002, L'élevage des chèvres dans les zones tropicales. CTA, Wageningen.
- Killanga S. & Traoré A., 1999, Influence de la gestion et du statut socio-économique de l'agro-pasteur sur la productivité des ovins et des caprins au Mali central. *Tropicultura*, **16-17**, 4, 180-183.
- Manjeli Y., Téguia A., Njwe R.M., Tchoumboué J. & Ayong E.E., 1994, Enquête sur l'élevage caprin dans les hauts plateaux de l'ouest Cameroun. Small Ruminant Research Network Workshop, Yaoundé, Cameroun, pp. 99-103.
- Manjeli Y., Tchoumboué J., Téguia A. & Zango P., 1996, Productivity of west African dwarf goats under traditional management in the western highland of Cameroon. *World Review of Animal Production*, **31**, 88-91.
- MINEPIA (Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales), 1995, Etude du secteur élevage au Cameroun, CEPER, Yaoundé.
- Ministère de l'Agriculture, 1987, Recensement agricole 1984: Secteur Traditionnel VI, MINAGRI, Yaoundé.
- Ngachessi J.M., 2002, Influence des facteurs sociaux et culturels dans le choix entre les institutions de microfinance informelles et semi formelles par les paysans de l'arrondissement de Penka Michel- mémoire de fin d'Etudes- FASA/ UDS., Dschang.
- R.C., 2001, Annuaire Statistique du Cameroun 2000. Ministère de l'Economie et des Finances, Yaoundé.
- Schwartz D., 1977, Méthodes de statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Médecine Sciences, Paris.
- Tchouamo I.R., 1998, La protection de la biodiversité en Afrique par des forêts sacrées. *Le Flamboyant*, **46**, 18-23.
- Tchoumboué J., 1997, Elevage des caprins en zone soudano-guinéenne d'altitude de Cameroun, Visite d'étude sur les systèmes d'élevage dans les zones humides et subhumides d'Afrique, CTA, Wageningen, P. 148-153.
- Tchoumboué J. & Biondokin C., 1997, Situation de l'élevage au Cameroun, Visite d'étude sur les systèmes d'élevage dans les zones humides et subhumides d'Afrique. CTA, Wageningen, P. 73-81.
- Tedonkeng Pamo E., Tedonkeng F., Kadjo J., Kwami H.N., Tadoum R.K., Kana J.R. & Tegodjeu A., 2000, Evaluation of comparative growth and reproductive performance of West African Dwarf Goats in the western highlands of Cameroon. Proceedings of the Final Review Meeting of an IAEA Technical Co-operation Regional AFRA Project. Cairo, Egypt, 25-29 November 2000, PP.87-96.
- Tedonkeng Pamo E., Tapondjou L., Tenekeu G. & Tedonkeng F., 2002,

Bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de *Ageratum houstonianum* Mill. sur les tiques (*Rhipicephalus appendiculatus*) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, **20**, 3, 125-129.

21. Téguia A., Manjeli Y. & Tchoumboué J., 1997, Incidence du calendrier agricole sur l'élevage des petits ruminants dans une zone densément peuplée: cas des hauts plateaux de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, **15**, 2, 56-50.
22. Thiaucourt F., Fikre Tulasne J., Mebratou G., Guerin C. & Antonio D.M., 1992, Quelles peuvent être les priorités de recherche dans le domaine de la pathologie des petits ruminants en Afrique? *In*: Rey B., Lebbie S.H.B., & Reynolds L., Small ruminant research and development in Africa. Proceedings of the first biannual conference of the African small ruminant research network. Kampala, Uganda, 10-14 December, 1990. ILCA, Nairobi, Kenya.
23. Thibault L., 2003, Situation et perspectives de l'élevage des petits ruminants dans une zone densément peuplée: Bafou (ouest Cameroun). Mémoire de D.E.S.S. Productions Animales, Université de Corse, Corse.
24. Wilson T. R., 1992, Petits ruminants: productions et ressources génétiques en Afrique tropicale, FAO, Rome.

I.R. Tchouamo, Camerounais, Ph.D. en Vulgarisation et Sociologie Rurales, Maître de Conférences en Economie et Education Rurales, Département de Vulgarisation Agricole et de Sociologie Rurale, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 245, Dschang, Cameroun. Tél. (237) 345 13 51 (Domicile)/ (237) 957 24 91 (cellulaire) Fax: (237) 345 12 02. E-mail: itchoamo@yahoo.com

J. Tchoumboué, Camerounais, Agrégé de Médecine Vétérinaire et de zootechnie, Professeur, Chef du Département de Production Animale, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 223, Dschang, Cameroun. Tel : (237) 345 / (237) 955 17 10 Fax: (237) 345 12 02.

Lise Thibault, Française, D.E.S.S. en Productions Animales, 27, rue de la Croix Gagnée, 54 000 Nancy- France. Tél. 00 3361 6433883. E-mail: listy1979@yahoo.fr

Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: I. Balance de nitrógeno¹²

D. López -Hernández¹, Carmen Infante² & E. Medina³

Keywords: Sugar cane- Cycling- Fire- Nitrogen- Mollisoles

Resumen

En un mollisol tropical cultivado con caña de azúcar el balance anual del nitrógeno (N) se cuantificó basándose en las medidas de las principales i) entradas, ii) salidas y iii) transferencias del elemento ($N-NO_3 + N-NH_4$) en los subsistemas planta y suelo. El aporte por lluvia fue de $26.3 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{.año}^{-1}$, siendo la fuente principal el $N-NH_4$. Cuando la lluvia es interceptada por el dosel del cultivo se registra una retención de N en forma amoniacal y un lavado de N en forma de nitrato. La salida de N del sistema por vía de la lixiviación alcanzó un monto de $5.3 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{.año}^{-1}$, la cual es principalmente en forma de nitratos. Debido a la abundancia en el suelo de arcillas tipo 2:1 se encontró una alta proporción de amonio fijo el cual puede actuar como fracción de reserva de N. La mineralización neta del N orgánico ($N-NO_3 + N-NH_4$) alcanzó un alto valor ($343 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{.año}^{-1}$), dependiendo básicamente de la intensa nitrificación que se lleva a cabo en estos suelos, la misma es favorecida por la adecuada relación C/N y la fertilización con urea. Las mayores salidas de nitrógeno en el agroecosistema se generaron por la exportación vía cosecha y las pérdidas por quema. Anualmente un 98% del elemento acumulado en la biomasa aérea, se pierde por estas vías, por lo que en términos generales el balance anual de nitrógeno en este agrosistema esta siendo dirigido por las entradas por fertilización y las pérdidas por cosecha y quema.

Summary

Element Budgets in a Sugarcane Agroecosystem: I. Nitrogen Budget

In a tropical mollisol cropped with sugar cane the annual nitrogen balance was quantified taken into account the main i) inputs, ii) outputs and iii) transference of the element ($N-NO_3 + N-NH_4$) in the plant and soil subsystems. Precipitation input corresponded to $26.3 \text{ kg N.h}^{-1}\text{.yr}^{-1}$ mainly as $N-NH_4$. After the rain water passes the sugar cane canopy there was a retention of N in the $N-NH_4$ form, whereas $N-NO_3$ was leached from the canopy. Outputs through leaching reached 5.3 kg N .

$ha^{-1}\text{.yr}^{-1}$ mainly as $N-NO_3$. An important part of total soil N is fixed to the 2:1 type clay particles (montmorillonitic), abundant in the studied mollisol. It is hypothesised that this fixed N could act as a soil N reserve. Net mineralization of the organic-N reached a high value ($343 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{.yr}^{-1}$) in accordance with the intense nitrification process occurring in the soil as a consequence of the convenient C/N ratio and urea fertilisation. Major N losses in the agrosystem correspond to cropping export and removal of ashes after fire. Yearly 98% of N accumulated in the aerial biomass is lost through those ways. In general the annual nitrogen budget is driven off through input by fertilisation and output through stem cropping and N volatilisation by fire.

Introducción

En los agroecosistemas el nitrógeno (N) es el nutrimento que ha merecido mayor estudio (10) debido a su papel esencial en los procesos de crecimiento y producción de las plantas y animales. No obstante, lo extenso de la literatura agronómica sobre el N, la información sobre estudios completos del ciclo N en agroecosistemas tropicales es escasa. Esto posiblemente obedezca a la complejidad de los procesos en que interviene el elemento (39); lo altamente intrincado de su ciclo biogeoquímico (con fases sedimentarias y gaseosas), en donde, más aún este, puede presentarse con varios estados de valencia. En las últimas décadas, ecólogos y agroecólogos han centrado su atención en el estudio de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas,

particularizando los flujos de nutrientes. Odum (32), fue uno de los pioneros en destacar la relación entre ciclaje de nutrientes y el grado de desarrollo de los ecosistemas calificando a los sistemas agrícolas como inmaduros o de ciclos abiertos de nutrientes, ya que en ellos existe una gran salida de elementos por cosecha y lixiviación, en contraposición con los ecosistemas terrestres naturales, de ciclos cerrados, con un uso eficiente de nutrientes y mínimas pérdidas por lixiviación (19, 58, 59). Un entendimiento del ciclo del N, es de la mayor importancia ya que permitiría planificar su uso eficiente (5) y no contaminante en los agroecosistemas; lo que se traduciría en efectos positivos a nivel ambiental, energético y económico (8, 14, 37) y en el desarrollo de

¹ Laboratorio de Estudios Ambientales, IZT, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas 1041-A. Apdo 47058. Caracas, Venezuela y Centro de Estudios para el Desarrollo de la Agroecología Tropical, Universidad Simón Rodríguez. Venezuela.

² Gerencia de Ecología y Ambiente. INTEVEP, S.A. Apdo. 76343 Caracas 1070-A.

³ Centro de Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

Recibido el 20.05.03 y aprobado para su publicación el 20.12.04.

mejores prácticas de manejo (12).

En este trabajo, se presenta un estudio del ciclo del nitrógeno en una plantación de caña de azúcar. El análisis del balance de N en un agroecosistema de caña de azúcar reviste especial importancia dada la gran producción de materia orgánica que caracteriza a este cultivo, y las grandes salidas de nitrógeno que se generan con la cosecha y la práctica de quema previa al corte.

Los objetivos de la presente investigación estuvieron centrados en los siguientes aspectos:

- Evaluación de la calidad de N que se incorpora al sistema por precipitación, transferencias a través del dosel (escurrimiento foliar) y pérdidas por lixiviación.
- Cuantificación de las pérdidas de N por la cosecha y quema del cultivo, así como las producidas a consecuencia de la volatilización del fertilizante.
- Evaluación de la distribución de N en la biomasa del cultivo.
- Caracterización del proceso de nitrificación y mineralización del N orgánico, y de la fracción de amonio fijo en el suelo.
- Elaboración de un balance nutricional que permita la integración de todos los aspectos antes mencionados, involucrando la dinámica del N en el subsistema suelo-planta.

Area de estudio

El estudio se desarrolló en una parcela experimental ubicada en San Felipe, Edo. Yaracuy, Venezuela, en las coordenadas 10° 28' N y 68° 34' 0, situada a 70 m.s.n.m.

Se seleccionaron 4 parcelas de 300 m² cada una dentro de un área experimental de 4,5 ha, cultivada con *Saccharum officinarum* L., de acuerdo al protocolo presentado por Vallejo-Torres y López-Hernández (57). Dos de las parcelas fueron sembradas con la variedad Puerto Rico (PR) 1028 y las otras dos con la variedad Venezuela (V) 58-4. El clima de la zona se caracteriza como húmedo con una precipitación y una temperatura promedio anual de 1479 mm y 26,8 °C, respectivamente. La época lluviosa se presenta entre los meses de mayo a noviembre y la época seca desde diciembre a abril (33, 47, 48).

El suelo de la parcela experimental pertenece al orden Mollisol, régimen Aquico, familia, Typic Haplaquoll, franca finca, isohipertérmica, muscovítica, montmorrillonítica, caolinítica (J.L. Berroterán, comunicación personal, 1984).

Se realizan como prácticas común en el cultivo la aplicación de malatión para control de plagas, asimismo se fertiliza anualmente con 500 kg ha⁻¹ de urea, 50 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple y 100 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio.

Metodos

Aguas

Los muestreos de las aguas de lluvia, escurrimiento foliar (agua no interceptada por el cultivo) y percolación

(lixiviación) se realizaron semanalmente por un periodo de un año. Las concentraciones de N, como amonio y nitrato fueron determinadas utilizando métodos colorimétricos en un Technicon Auto Analyzer (53, 54). Detalles de los colectores de lluvia, escurrimiento foliar y lisímetros se describen en Infante *et al.* (16). El volumen de agua por percolación fue estimado mediante balances hídricos elaborados para la zona durante el período de muestreo (16).

Suelo

Se tomaron 30 muestras al azar con barreno, hasta la profundidad de 30 cm. Una vez trasladadas al laboratorio se unieron con la finalidad de obtener tres muestra compuestas a la cual se les determinó: amonio fijo mediante el método de Silva y Bremner (49) y N total mediante el procedimiento Kjeldahl.

Las tasas de mineralización y nitrificación neta fueron evaluadas a partir de muestras incubadas en el campo durante 45 días de acuerdo al método de Runge (40). La tasa de mineralización neta durante el período de incubación fue calculada de la diferencia en el contenido de N (amonio + nitrato) en las muestras incubadas en el campo y los valores de N (amonio + nitrato) en las muestras control (no incubadas). Igualmente, la tasa de nitrificación se obtuvo de la diferencia entre el N-NO₃ generado en las muestras incubadas del N-NO₃ presente en las muestras control (no incubadas). El N-NO₃ y el NH₄, fueron determinados mediante electrodo específico Orion, modelo 93-07 y 95-10-00, respectivamente (17, 18).

Vegetación

Parte aérea: Los muestreos de la parte aérea del cultivo para ambas variedades se llevaron a cabo mensualmente. Se cosecharon 2 metros lineales de caña (3 réplicas por variedad) cortados a ras del suelo de acuerdo a la metodología empleada por San José y Medina (41); el material fue separado en hojas vivas (Material Fotosintéticamente Activo-MFA), tallos y material muerto (hojas y tallos secos tanto en pie como en el suelo). Las diferentes fracciones eran pesadas directamente en el campo y se extraía una alícuota para ser trasladada al laboratorio. Una vez en el mismo se mantenía en estufa a 60 °C hasta peso constante. Con estos datos se calculó la biomasa aérea para cada fracción sobre la base de peso seco por unidad del terreno cultivado.

Biomasa radical: La biomasa radical, fue estimada a partir del material presente en monolitos de suelo de 1 m² (3 réplicas por variedad) hasta 30 cm de profundidad. Este procedimiento se utilizó en los primeros meses de crecimiento de la caña. En los períodos restantes se extrajo la macolla y se tomaban muestras con barreno a 30 cm de profundidad y a 0, 25, 25, 50 y 75 cm de distancia del centro de la macolla de acuerdo a la metodología presentada por Lima (1982) para

Tabla 1
Características físico-químicas del suelo estudiado

Prof. (cm)	pH	CICE cmol. kg ⁻¹	% C	% N	% CaCO ₃	N Fijado µg.g ⁻¹	Mineralogía
0 -10	7.4	53.3	1.87	0.21	0.99	386	M Mu K
0 -25	7.4	38.4	1.20	0.14	0.78	560	Mu M K
25-42	7.6	41.3	1.00	0.10	1.57	568	Mu K M

M= Montmorillonita, Mu= Muscovita, K= Caolinita

plantaciones de caña de azúcar del noreste de Brasil (25). En cualquiera de las formas de muestreo, el suelo era separado del material radical mediante lavado con agua. Las raíces eran luego colocadas en estufa hasta peso constante y referido el peso a unidad de área.

Análisis químico de las muestras de vegetación:

A todas las muestras de vegetación se les determinó N total mediante Kjeldahl. La concentración obtenida multiplicada por la cantidad de material (expresado por unidad de peso/área), representa el contenido de N (acumulado) en cada fracción en particular.

Muestreo de cenizas: En el cultivo de caña es práctica común realizar una quema previa a la cosecha con el objeto de eliminar las hojas (verdes y secas), así como los tallos secos no comerciales (47). Con la finalidad de obtener muestras de las cenizas se colocaron en el campo 8 recolectores metálicos distribuidos al azar (36, 57), estas cenizas fueron trasladadas al laboratorio donde se determinó N total (no volatilizado) mediante Kjeldahl.

Volatilización del fertilizante: Para estimar las pérdidas de N por volatilización del fertilizante se utilizó una modificación del experimento propuesto por Volk (60) y Kresge y Satchell (23). Se instalaron en el campo recipientes plásticos de 6.5 cm de altura y 30 cm de diámetro. En la parte superior e interior del recipiente se colocó lana de vidrio impregnada con ácido sulfúrico al 10%. Mediante este diseño, el amoniaco liberado de la hidrólisis de la urea era recogido en el ácido. Después de 7 días de incubación en el campo, los recolectores eran trasladadas al laboratorio, donde la lana de vidrio era retirada y lavada con agua desmineralizada. En el extracto obtenido era determinado el N total mediante procedimiento Kjeldahl. Los resultados fueron referidos a cantidad de N volatilizado por unidad de terreno fertilizado.

Análisis estadístico: Se efectuaron análisis de varianza de una vía con el programa SPS (3). El nivel de confianza establecido fue de $P > 0,01$.

Se realizaron ajustes a un modelo de regresión específico a cada caso, entre los valores de biomasa con relación a la edad del cultivo. De la misma manera se ajustaron los valores de concentración de nitrógeno para cada componente del material aéreo y radical de la vegetación. Los ajustes se realizaron con el programa DYNA-SAT de Friedman (9).

Resultados y discusión

Suelos

El suelo de la plantación estudiada es un mollisol con cantidades significativas de carbonatos y un pH ligeramente alcalino, en general presenta una fertilidad natural alta como se presenta en la tabla 1.

Mineralización y nitrificación neta: La producción de nitrato (diferencia entre las muestras incubadas y control) varió notablemente para los diferentes períodos climáticos de muestreo (Tabla 2); siendo, en general la producción de amonio muy baja, respecto a la de nitratos (Tabla 2).

Tabla 2
Producción de nitratos (nitrificación), de amonio y de nitratos (mineralización) en diferentes épocas climáticas. Valores en kg.ha⁻¹.día⁻¹

Periodo climático	Tope lluvia	Fin lluvia	Sequía
Tasa nitrificación	1.29	0.49	0.47
Tasa mineralización	1.37	0.88	0.41

La intensa nitrificación que existe en estos suelos se refleja en una alta tasa de mineralización, calculada como la suma de producción de nitrato más amonio. Los datos presentados en la tabla 3 registran una mineralización acumulada de 328 kg.ha⁻¹ durante los 308 días que duró la soca, lo que al extrapolar conlleva a una tasa anual de 343 kg N.ha⁻¹, valor comparativamente mayor al registrado en otros sitios (26, 34, 45).

Tabla 3
Tasa de mineralización mensual y diaria. Valores en kg.ha⁻¹

Edad (días)	Tasa de min.mensual	Tasa min. diaria
30	22.40	0.75
62	54.64	1.71
96	72.08	2.33
127	39.68	1.28
162	29.56	0.85
180	14.76	0.53
218	31.48	1.12
248	23.92	0.85
270	23.96	0.67
308	15.52	0.58
Suma	328.00	

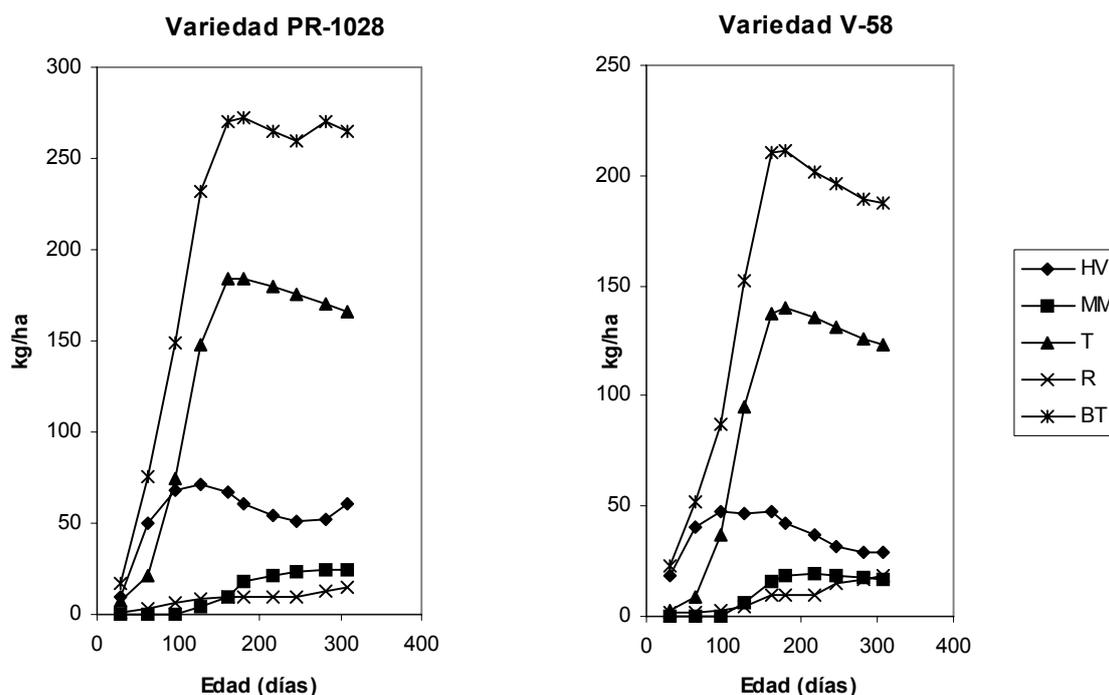


Figura 1: Acumulación de N en los tejidos vegetales (kg ha^{-1}). HV= Hojas Verdes, MM= Material Muerto, T= Tallos, R= Raíces, BT= Biomasa Total.

Es muy posible que esta alta nitrificación sea una consecuencia de la baja relación C/N (7-10) así como de la fertilización con urea. Es conocido que en suelos de baja relación C/N (< 18), el proceso de nitrificación es favorecido (1). Así mismo la fertilización con urea genera una mayor producción de nitratos (11, 21, 38, 44).

Amonio fijo a la fracción fina del suelo: Los suelos de la parcela experimental, presentaron un alto contenido de nitrógeno como amonio fijo ($473 \mu\text{g.g}^{-1}$) entre 0-25 cm del perfil (Tabla 1) que corresponde aproximadamente a $1561 \text{ kg N-fijado ha}^{-1}$. La fijación de este N mineral se atribuye a la presencia de arcillas montmorilloníticas (tipo 2:1, Tabla 1) en los primeros horizontes del suelo (24, 29, 30). La liberación del amonio fijado a las arcillas es de importancia especial, ya que puede contribuir a suministrar parte del N

necesario al cultivo. Así, en los primeros 30 días de crecimiento del cultivo, el contenido de N total en la plantación es de alrededor de 20 kg.ha^{-1} para ambas variedades (Figure 1), un valor similar al contenido de N en las malezas (Figure 2).

Lo que indica, que para este momento, el subsistema planta (incluye cañas y malezas) ha incorporado aproximadamente 40 kg N.ha^{-1} . Como para esta fecha aún no se había aplicado el fertilizante, y la cantidad de nitrógeno disponible proveniente de la mineralización neta solo alcanza 22.4 kg.ha^{-1} (Tabla 3). Se tiene, por tanto, un déficit en el requerimiento de nitrógeno, para esa etapa, de 17.6 kg ha^{-1} , el cual es posible sea cubierto por la liberación de amonio fijo en el componente arcilloso.

Distribución de las formas de N en las aguas

Precipitación: En general los niveles de N que ingresan al agroecosistema por precipitación son elevados, registrándose, en las aguas de lluvias, una mayor proporción de amonio que de nitrato (Tabla 4).

La concentración promedio de amonio fue de $1.29 \mu\text{g.g}^{-1}$, mientras que los nitratos solamente se detectaron para los meses de agosto y septiembre con una concentración promedio por debajo de $0.03 \mu\text{g.g}^{-1}$. La concentración relativamente alta de amonio en las aguas de precipitación puede estar relacionada a una alta actividad agrícola en la zona que genera pérdidas gaseosas de N-NH_4 producto de la quema de grandes extensiones de cultivos, particularmente de caña de azúcar. Igualmente influye en este resultado la alta emisión de gases nitrogenados a la atmósfera

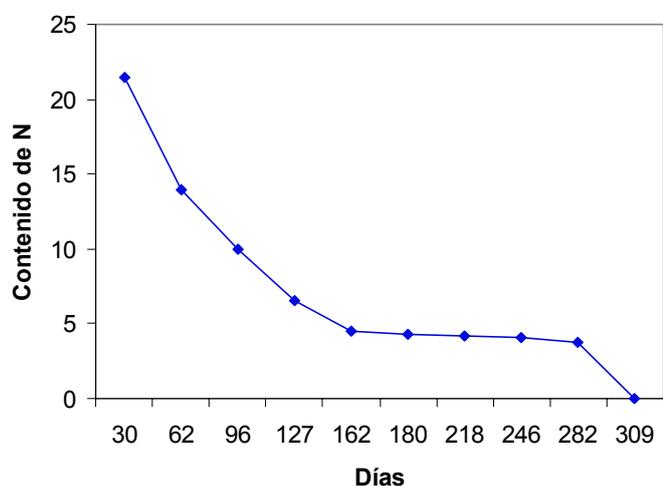


Figura 2: N contenido en malezas (kg.ha^{-1}).

Tabla 4
Flujo hídricos (mm) y transferencias de nitrógeno (kg N.ha⁻¹.mes⁻¹)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Precipitación	27.1	24.1	47.8	173	154.2	33.2	111.8	231.3	145.4	230.7	216.1	356.1	1751.8
N-NH ₄	0.12	0.31	0.62	0.9	1.74	1.03	2.75	7.17	4.8	2.45	1.82	2.53	26.2
N-NO ₃	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.01	0	0	0	0.06
Esc. Foliar	9	12.2	43.7	165	110.1	18	44.4	140.2	75.0	132.4	68.7	274.4	1124.3
N-NH ₄	0.03	0.03	0.62	1.04	1.3	0.32	0.47	1.53	0.76	1.10	0.61	2.09	9.98
N-NO ₃	0.06	0.08	0	0.31	0.17	0.05	0.17	0.39	0.8	0.5	0.65	1.1	4.28
Lixiviación	0	0	0	16.8	89.7	0	0	104.8	6.4	83.4	68.6	270.9	627.6
N-NH ₄	---	---	---	0.01	0.02	---	---	0.09	0.01	0.01	0.02	0.03	0.19
N-NO ₃	---	---	---	0.02	1.27	---	---	2.93	0.01	0.11	0.16	0.82	5.12

por las industrias petroquímicas cercanas al área de estudio (50) y una significativa actividad pecuaria (43, 48). La entrada total de nitrógeno (amonio + nitrato) fue de 26.3 kg.ha⁻¹(Tabla 4). Este valor es comparativamente mayor a los reportados para zonas templadas (22, 27, 46, 55), ligeramente mayor a los reportados para otras zonas tropicales (13, 20, 35), pero muy superior a los presentados por San José y Montes (42) para sabanas venezolanas alejadas de zonas industriales.

Escurrimiento foliar: La concentración promedio de amonio y nitrato en el agua de escurrimiento foliar fue de 0.77 y 0.49 µg.g⁻¹, respectivamente; lo que corresponde a un flujo de 9.98 y 4.28 kg. ha⁻¹.año⁻¹ (Tabla 4). La cantidad total anual de N (amonio + nitrato) en el agua de escurrimiento foliar, fue de 14.3 kg.ha⁻¹; valor superior a los registrados en ecosistemas de las zonas templadas (4, 15, 46, 51), sin embargo se encuentra dentro del margen de valores reportados para zonas tropicales (13, 20, 31).

Tanto la concentración como el flujo de amonio disminuyeron en el agua de escurrimiento foliar en relación con la lluvia incidente, mientras que la concentración y flujo de nitrato aumentaron. Los resultados indican una retención foliar de amonio, que puede considerarse como una absorción o fertilización natural, como se ha registrado en ecosistemas templados (15, 52). Por otra parte, el aumento encontrado en los nitratos es indicio del lavado que experimenta este anión a nivel foliar; resultados similares han anotado Nye (31); Eaton *et al.* (7) y House *et al.* (15); la información, no obstante difiere de la presentada por Seastedt (46) y Stinner *et al.* (51) quienes reportan absorción foliar de los nitratos contenidos en las aguas de lluvias.

Lixiviación: En las aguas de lixiviación, la concentración y los flujos de nitrato fueron mayores que los de amonio, lo cual era de esperarse dado la mayor movilidad en el suelo del NO₃ respecto al NH₄

(Tabla 4). La concentración promedio de N-nitrato resultó menor comparativamente con los valores registrados en otros agroecosistemas (2, 51). Llama la atención la escasa cantidad de NO₃ que se pierden en las aguas de drenaje interno (Tabla 4), si se toma en consideración que en el agroecosistema se fertiliza con urea. Más aún, en estos suelos existe una alta nitrificación (Tabla 3), los nitratos generados al parecer son rápidamente incorporados por el cultivo y en consecuencia las pérdidas por lixiviación se reducen. En otros agroecosistemas se han registrado pérdidas reducidas por esta vía como consecuencia de una alta inmovilización biológica del fertilizante (28) o por una eficiente incorporación radical de N (44). En este agrosistema, tampoco se puede descartar una protección a las pérdidas por lavado interno como consecuencia de la fijación de N a las arcillas 2:1 características de estos mollisoles (Tabla 1).

Vegetación

Distribución del N en el cultivo

La tabla 5 muestra la biomasa del cultivo y su distribución en los diferentes órganos de las plantas para la variedad PR 1028, la variedad V 58-4 produjo una información similar pero con un rendimiento de 10 toneladas.ha⁻¹ mas bajo. Los tallos (T) representan el mayor porcentaje de la biomasa del cultivo, excepto en los primeros 60 días, cuando es superado por la biomasa de las hojas vivas (HV). Posteriormente, tanto la producción de tallos como de hojas, incrementa rápidamente, lo que se refleja en un incremento en la biomasa total (BT) que se estabiliza a los 160 días de crecimiento. La producción de raíces (R) fue la mas baja de todos los compartimientos de vegetación, posiblemente subestimada por la metodología usada ya que es posible que a través del lavado no se logre recuperar todo el material radical. El material muerto (MM) incrementó a lo largo del desarrollo del cultivo (Tabla 5).

En el material fotosintéticamente activo, se registraron

Tabla 5
Producción de biomasa t ha⁻¹. Variedades PR 1028. HV= Hojas Verdes MM= Material Muerto T= Tallos R= Raíces BT= Biomasa Total

Edad	HV	MM	T	R	BT
30	0.54	0.07	0.63	0.25	1.49
62	3.77	0.18	3.07	0.67	7.69
96	5.61	0.53	13.18	1.31	20.63
127	6.22	1.3	29.43	1.59	38.54
162	6.08	3.1	39.86	2.72	51.76
180	5.8	4.43	41.62	2.89	54.74
218	5.1	7.27	42.68	2.94	57.99
246	4.75	8.68	42.82	1.81	58.06
282	4.93	9.58	42.85	2.94	60.30
309	5.80	9.86	42.86	3.09	61.59

los mayores contenidos y por ende las mayores acumulaciones de nitrógeno hasta los 96 días de edad del cultivo. A medida que la planta envejece, hasta el final del desarrollo del cultivo, la mayor cantidad de nitrógeno se acumula en los tallos (Figura 1). La cantidad de N presente en el material muerto es baja con relación a los tallos y hojas vivas, como consecuencia de la menor biomasa acumulada en esta fracción y la menor concentración de N en estos tejidos. Respecto a las raíces, tan solo un 6 y 9% del N total en la planta, se encuentra en esta fracción para la variedad PR y V, respectivamente. En otras variedades de caña se han registrado resultados similares (41).

N exportado por cosecha: La cantidad de nitrógeno (kg.ha⁻¹) removida del agroecosistema por cosecha fue de 140 y 103 para las variedades PR y V, respectivamente (Tabla 6). La salida de N por cosecha representó la pérdida anual más importante en términos de la biomasa aérea (50%) presente y del fertilizante aplicado (60%).

Tabla 6
Pérdidas de N (kg.ha⁻¹) en el agrosistema por cosecha, volatilización y quema

Variedad	N cosecha	N quema	N volatilizado
PR 1028	140	106	30.7
V 58	103	63	30.7

Volatilización del fertilizante: Las pérdidas de N, registradas durante 7 días de incubación de las muestras en el campo, equivalen aproximadamente a la pérdida anual (30.7 kg N.ha⁻¹) por volatilización de la urea (Tabla 6); lo que corresponde a un 13% del N aplicado por fertilización.

Pérdidas por quema: La cantidad de ceniza que

queda en el suelo después de la quema, así como las pérdidas como material particulado, por convección, fueron estimadas por Pulido (36) trabajando con las mismas variedades y en la misma área experimental. A partir de estos se calcularon las pérdidas de nitrógeno por el proceso de quema (Tabla 6) que alcanzaron 106 y 63 kg N.ha⁻¹ para las variedades PR 1028 y V 58-4, respectivamente. Estas pérdidas representan un 42 y 38% (variedad PR y V, respectivamente) con relación al nitrógeno total aéreo; y un 45 y 27% (variedad PR y V, respectivamente) respecto al fertilizante aplicado. Resultados similares en cultivos de caña de azúcar, donde se reporta que un 30% del fertilizante aplicado se pierde por quema han sido presentados por Valdivia en Perú (56).

Balance anual de nitrógeno en el agroecosistema:

Los procesos antes mencionados, han sido incluidos dentro de un balance global presentado en la tabla 7.

Las mayores salidas de N del sistema fueron por cosecha y quema. Aproximadamente 85% del elemento se pierde por estas vías. La fertilización representa el 89% de la entrada total de N al agroecosistema, siendo las demás entradas, precipitación y fijación simbiótica, de menor contribución. La fijación simbiótica presumimos fue inhibida ya que se trata de un agrosistema que ha recibido cantidades generosas de N durante años. Tomando en cuenta todos los flujos, el balance de nitrógeno es positivo para la variedad V (+63 kg.ha⁻¹.año⁻¹) y negativo para la PR (-17 kg.ha⁻¹.año⁻¹). Las diferencias se deben a la mayor pérdida de N por cosecha y quema de la variedad PR (Tabla 7). Cuando se cultiva la variedad V y se aplican dosis de fertilización altas de N (235 kg.ha⁻¹.año⁻¹), el agroecosistema presenta una ganancia neta de nitrógeno. Por el contrario cuando

Tabla 7
Balance de N en el agrosistema, valores en kg.ha⁻¹.año⁻¹

Variedad	Fertilización	Precipitación	Fijación N	Cosecha	Quema	Lixiviación	Volatilizado	Balance
PR-1028	235	26.3	3.4	140	106	5.3	30.7	-17.3
V-58	235	26.3	3.4	103	63	5.3	30.7	62.7

se cultiva con la variedad PR, se presenta un déficit anual del elemento, en cuyo caso hay que suministrar 17 kg N.ha⁻¹ adicionales de fertilizante, para evitar un empobrecimiento paulatino del agroecosistema. Es probable, sin embargo, que esta fertilización de mantenimiento no sea necesaria, ya que la fracción de amonio fijo que existe en estos suelos, actúa como compartimento de reserva. Este reservorio puede contribuir a suministrar el elemento en aquellas épocas de crecimiento del cultivo, en las cuales no se ha aplicado fertilizante y la mineralización no satisface los requerimientos de N por el cultivo.

Conclusión

La quema, en conjunto con la remoción por cosecha, conllevan a pérdidas considerables de N en este agroecosistema, así aproximadamente un 98% del nitrógeno total aéreo se pierde por estas vías. Cuando se particularizan las variedades estudiadas, es importante además destacar, que todo el fertilizante

aplicado se pierde, por quema y cosecha para la variedad PR 1028, más aún, la cantidad de N total presente en PR-1028, no es compensado 100% por la fertilización suministrada. El N adicional requerido por la plantación proviene bien de una posible fijación de N atmosférico por diazotrofos, como ha sido sugerido para plantaciones de *Saccharum officinarum* L. en Brasil (6), sin embargo ensayos preliminares de medición de fijación simbiótica en la parcela experimental no detectaron valores significativos de N fijado, posiblemente la fertilización con urea inhibió el proceso; por lo que suponemos que la fuente adicional de N debe provenir de la liberación del amonio fijo en las abundantes arcillas 2:1, de este mollisol.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración técnica de A. Febres y F. Tovar. Este trabajo recibió soporte financiero parcial de CDCH-UCV, CONICIT y CENAZUCA.

Referencias

- Adams M.A. & Attiwill P.M., 1986, Nutrient cycling and nitrogen mineralization in Eucalypt forests of southeastern Australia. II. Indices of nitrogen mineralization. *Plant and Soil*, **92**, 3, 341-362.
- Bergstrom L. & Brink N., 1986, Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil*, **93**, 3, 333-345.
- Buhyoff J.F., Rauscher H.M., Hull R.B., Killeen K. & Kirk R.C., 1982, Statistical processing system version 4,2 for Apple II*. User's Manual U.S. Dept. of Agriculture. Forest Service. 115 pp.
- Carlisle A., Brown A.H.F. & White E.J., 1966, The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile Oak (*Quercus petraea*) canopy. *Journal of Ecology*, **54**, 87-98.
- Crossley D.A., House G., Snider R. & Stinner B., 1984, The positive interactions in agroecosystems. pp. 73-81. *In: Lowrance et al.* (Eds). *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley and Sons. U.S.A.
- Dobereiner J., Day J., & Dart P.J., 1972, Nitrogenase activity in the rhizosphere of sugar cane and other tropical grasses. *Plant and Soil*, **37**, 1, 191-196.
- Eaton J.S., Likens G.E. & Bormann F.H., 1973, Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *Journal of Ecology*, **61**, 495-508.
- Franco A.A. & Munns D.N., 1982, Plant assimilation and nitrogen cycling. *Plant and Soil*, **67**, 1-3, 1-13.
- Friedman P., 1985, DYNA-SAT. Professional Statistics + Graphics Dynamic. Microsystems. Inc.
- Giller K.E., Cadish G., Ehaliotis C., Adams E., Sakala W. & Mafongoya P., 1997, Building soil nitrogen capital in Africa. *In: Replenishing Soil Fertility in Africa*. SSSA Special Publication n° 51. Pp. 151-192.
- Heilman P., 1974, Effect of urea fertilization on nitrification in a forest soil of the Pacific Northwest. *Soil Sci. Am. Proc.* **38**, 4, 664-667.
- Hernández-Hernández R.M. & López-Hernández D., 2002, El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: Un modelo para suelos de sabana de los llanos centrales venezolanos. *Interciencia*, **27**, 10, 529-536.
- Herrera R. & Jordan C.F., 1981, Nitrogen cycle in a tropical Amazonian rain forest: The caatinga of low mineral nutrient status pp. 493-505. *In: Clark F. E. and T. Rosswall* (Eds). *Terrestrial Nitrogen Cycles*. Ecological Bulletin N° 33. Stockholm.
- Holding A.J., 1982, Some priority research areas in nitrogen studies. *Plant and Soil*, **67**, 1-3, 81-90.
- House G.J., Stinner B.R., Crossley D.A.Jr. & Odum E.P., 1984, Nitrogen cycling in conventional and no-tillage agro-ecosystems: Analysis of pathways and processes. *Journal of Applied Ecology*, **21**, 991-1012.
- Infante C., López-Hernández D., Medina E. & Escalante G., 1993, Distribución de las formas inorgánicas del nitrógeno en los flujos hídricos de un agroecosistema tropical. *Ecotropicos*, **6**, 2, 13-23.
- Instruction Manual, Ammonia Electrode Model 95-10, 1971, Orion Research Inc., Cambridge, Mass. U.S.A.
- Instruction Manual, Nitrate ion Electrode Model 93-07. 1981. Orion Research Inc., Cambridge, Mass. U.S.A.
- Jordan C.F. & Herrera R., 1981, Tropical rain forest: are nutrients really critical? *American Naturalist*, **117**, 167-180.
- Jordan C.F., Caskek W., Escalante G., Herrera R., Mantagnini F., Todd R. & Util C., 1982, The nitrogen cycle in a "Terra Firme" rainforest on Oxisol in the Amazon territory of Venezuela. *Plant and Soil*, **67**, 325-332.
- Johnson D.W., Edwards N.T. & Todd D.E., 1980, Nitrogen mineralization, immobilization and nitrification following urea fertilization of a forest soil under field and laboratory conditions. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **44**, 3, 610-617.
- Kelly J.M., 1988, Annual elemental input/output estimates for two forested watersheds in eastern Tennessee. *J. Environ Qual.* **17**, 463-468.
- Kresge C.B. & Satchell D.P., 1960, Gaseous loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to soils. *Agronomy Journal*, **52**, 104-107.
- Kuderyayov V.N., 1981, Mobility of fixed ammonium in soil. pp. 281-290. *In: Clark P. E. and T. Rosswall* (Eds). *Terrestrial Nitrogen Cycles*. Ecological Bulletin N° 33. Stockholm.
- Lima M., 1982, The nitrogen cycle in sugarcane in northeastern Brasil. PhD dissertation. University of Saskatchewan. Saskatoon. Canada pp. 171.
- Matson P.A. & Vitousek P.M., 1981, Nitrogen mineralization and nitrification potential following clearcutting in the Hoosier National Forest, Indiana. *Forest Science*, **27**, 781-791.
- Melillo J.M., 1981, Nitrogen cycling in deciduous forests pp. 427-442. *In: Clark, F. E. and Rosswall* (Eds). *Terrestrial Nitrogen Cycles* Ecological Bulletin N° 33. Stockholm.
- Ng Kee Kwong K.F. & Deville J., 1984, Nitrogen leaching from soils cropped with sugarcane under the humid tropical climate of Mauritius, Indian Ocean. *J. Environ. Qual.* **13**, 3, 471-474.
- Nommik H., 1981, Fixation and biological availability of ammonium on soil clay minerals. pp. 273-279. *In: Clark P.E. and T. Rosswall* (Eds). *Terrestrial Nitrogen Cycles*. Ecological Bulletin N° 33. Stockholm.
- Nommik H. & Vahtras K., 1982, Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. pp. 123-171. *In: Nitrogen in Agricultural Soils*. Stevenson F. J. (Editor) N° 22. Series Agronomy. Madison, U.S.A.
- Nye P.H., 1961, Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. pp. 205-218. *In: Jordan C.F.* (Ed). *Tropical Ecology*. Hutchinson Ross Publishing Company.

32. Odum E.P., 1969, The strategy of ecosystem development. *Science*, 164, 262-270.
33. Ovalles O., 1983, Informe técnico sobre aspectos edafológicos, climatológico y agroeconómicos de la zona de caña del área de influencia del Central Río Yaracuy. Mimeografiado. pp. 86.
34. Pastor J., Aber J.D. & Mc Clagherty Ch.A., 1984, Aboveground production and N and P cycling along a nitrogen mineralization gradient on Blackhawk Island. *Wisconsin. Ecology*, 65, 265-268.
35. Pieri C.J.M.G., 1992, Fertility of soils: a future for farming in the West African savannah. Springer-Verlag, Berlin.
36. Pulido R., 1987, Mineralización de nitrógeno y pérdidas de nutrientes por quema en un campo de caña de azúcar. Trabajo especial de grado. Escuela de Biología U.C.V. pp. 111.
37. Rao D.L.N. & Batra L., 1983, Ammonia volatilization from applied nitrogen in alkali soils. *Plant and Soil*, 70, 219-228.
38. Robertson P.G., 1984, Nitrification and nitrogen mineralization in a lowland rainforest succession in Costa Rica, Central America. *Oecología*, 41, 99-104.
39. Rosswall T., 1981, The biogeochemical nitrogen cycle pp. 25-49. *In: Likens G. (Eds) Biome perspectives of the major biochemical cycles. Scope-Unep International Nitrogen Unit Sweden.*
40. Runge M., 1971, Investigations of the content and the production of mineral nitrogen in soils. pp. 191-202. *In: Ecological Studies 2. Integrated Experimental Ecology. Ellenberg H. (Eds). Springer Verlag, Berlin-New York.*
41. San José J.J. & Medina E., 1970, Análisis de la productividad de la caña de azúcar. I. Crecimiento y desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar PR 980. *Turrialba*, 20, 2, 143-148.
42. San José J.J. & Montes R., 1987, La capacidad bioproductiva de sabanas. San José J.J., & Montes, R. (Eds). *Publicación Centro Internacional de Ecología (UNESCO/UNET)*. pp 545.
43. Sanhueza E., 1982, The role of the atmosphere in nitrogen cycling. *Plant and Soils*, 67, 1-3, 61-71.
44. Santana M.B.M. & Cabala P., 1982, Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant and Soil*, 67, 1-3, 271-281.
45. Schepers J.S. & Mielke L.N., 1983, Nitrogen fertilization, mineralization, and leaching under irrigation in the midwest. pp. 325-334. *In: Nutrient Cycling in Agricultural Ecosystems. Lowrana R. et al (Eds). The University of Georgia. College of Agriculture. U.S.A.*
46. Seastedt T.R., 1985, Canopy interception of nitrogen in bulk precipitation by annually burned and unburned tallgrass prairie. *Oecología*, 66, 88-92.
47. Sequera D., López-Hernández D. & Medina E., 1991, Phosphorus dynamics in a sugar-cane crop. *In: International Workshop: Phosphorus Cycles in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Regional Workshop 3: south and central America. Workshop SCOPE and UNEP. Tiessen, H., López-Hernández D. & Salcedo I. (Eds). Published by the University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.*
48. Sequera P.E., López-Hernández D. & Medina E., 1984, La producción de caña de azúcar en el Valle del Río Yaracuy. Caracas, EDICANPA. pp. 135.
49. Silva J.A. & Bremner J.M., 1966, Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 5. Fixed ammonium. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 30, 587-594.
50. Soderlund R., 1981, Dry and wet deposition on nitrogen compounds. pp. 123-130. *In: Clark F.E. and T. Rosswall (Eds). Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletins N° 33. Stockholm.*
51. Stinner B.R., Crossley D.A.Jr., Odum E.P. & Todd R.L., 1984, Nutrient budgets and internal cycling of N, P, K, Ca and Mg in conventional tillage, no-tillage, and old-field ecosystems on the Georgia Piedmont. *Ecology*, 65, 2, 354-369.
52. Tamm C.D. & Cowling E.B., 1977, Acidic precipitation and forest vegetation. *Water, Air and Soil Pollution*, 7, 4, 503-511.
53. Technicon Auto Analyzer II, 1973, Nitrate and nitrite in water wastewater. Technicon Industrial Systems. Tarrytown. N.Y.
54. Technicon Auto Analyzer II, 1974, Ammoniacal nitrogen. Technicon Industrial Systems. Tarrytown. N.Y.
55. Timmons D.R. & Dylla A.S., 1983, Nitrogen inputs and outputs for an irrigated corn ecosystems in the northwest corn belt. pp. 225-224. *In: Nutrient Cycling in Agricultural Ecosystems. Lowrance R. et al. (Eds). The University of Georgia. College of Agricultural.*
56. Valdivia V.S., 1982, Nitrogen gains and losses in sugarcane (*Saccharum* sp.) agroecosystems on the coast of Perú. *Plant and Soil*, 67, 147-156.
57. Vallejo-Torres O. & López-Hernández D., 2001, Micronutrient content in sugarcane ashes and its effect in a sugarcane agroecosystem. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 32, 409-419.
58. Vitousek P.M., 1982, Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *American Naturalist*, 119, 553-572.
59. Vitousek P.M. & Reiners W., 1975, Ecosystems succession and nutrient retention: a hypothesis. *Bioscience*, 25, 376-381.
60. Volk G.M., 1959, Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf or bare soils. *Agronomy Journal*, 51, 746-749.

D. López -Hernández, Venezuelan, Licenciado en Biología, PhD Soil Science London University, Profesor Titular e Investigador Universidad Central de Venezuela y del CEDAT, Universidad Simón Rodríguez.

Carmen Infante, Venezuelan, Licenciada en Biología, PhD en Ecología, Universidad Central de Venezuela. Investigadora Gerencia de Ecología y Ambiente, INTEVEP.

E. Medina, Venezuelan, Licenciado en Biología. PhD Agronomía, Universidad de Hohenheim. Profesor Titular e Investigador IVIC.

Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales

M. Denden, T. Bettaieb, Alef Salhi & M. Mathlouthi

Keywords: Sodium chloride- Chlorophyll fluorescence- Proline- Flowers production- Ornamental species

Résumé

Trois espèces ornementales (Zinnia elegans, Tagetes patula et Petunia hybrida) ont été soumises à trois traitements salins (0, 2 et 4 g de NaCl.l⁻¹). La réaction des plantes à la salinité a été évaluée par la fluorescence chlorophyllienne, la synthèse de proline et la production florale. L'expérience a montré que la production florale diminue, la fluorescence chlorophyllienne reste indifférente et la teneur en proline augmente avec l'augmentation de la teneur en NaCl de l'eau d'irrigation.

Summary

Effect of Chloride Sodium on Chlorophyll Fluorescence, Plant Proline Content and Flowers Production of Three Ornamental Species

Three ornamental species (Zinnia elegans, Tagetes patula and Petunia hybrida) were used to test sodium chloride effect on chlorophyll fluorescence, plant proline content and flowers production. Three treatments were used in this trial: 0, 2 and 4 g of NaCl.l⁻¹ of irrigation water. The results showed that chlorophyll fluorescence was not affected by sodium chloride treatment but plant proline content increased and flowers production decreased as NaCl doses increase.

Introduction

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures. Dans plusieurs régions de Tunisie, le fleurissement des espaces verts est handicapé par la rareté et la salinité des eaux d'irrigation. Les espèces ornementales conduites en irrigué doivent avoir un certain degré de tolérance à la salinité. Cependant, les caractères physiologiques et génétiques liés à cet aspect sont diversifiés. A l'échelle de la plante entière, les ions chlorure et sodium entrent par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes inclusives), soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plantes exclusives). La salinité diminue le potentiel osmotique de la solution du sol et réduit par conséquent l'absorption de l'eau par les racines; la turgescence cellulaire est abaissée ce qui entraîne un phénomène de plasmolyse (5, 12). Certains végétaux régulent leur pression osmotique interne par la synthèse d'osmoprotecteurs, principalement des sucres solubles et acides aminés comme la proline et la glycinebétaine (22, 26). La proline, observée chez de nombreuses monocotylédones ou dicotylédones (13) s'accumule aussi bien chez les glycophytes que chez les halophytes sur des cellules en suspension (14) ou des plantes entières (10) pour

restaurer l'équilibre osmotique entre cytoplasme et vacuole (17). La synthèse de proline est une mesure adaptative prise par les plantes et sa teneur est corrélée à la tolérance au NaCl (3). Parallèlement, il est connu que le sel affecte la photosynthèse et réduit, par ce biais, la croissance et la production végétale. Sans passer par l'intensité photosynthétique et en se branchant sur l'extinction de la fluorescence chlorophyllienne (9, 15), outil de diagnostic foliaire en agriculture, on peut quantifier l'action inhibitrice du sel. En effet, lorsque la photosynthèse fonctionne avec un rendement maximum, les photons absorbés sont piégés rapidement par les centres de conversion photochimique, ce qui limite leur dissipation par fluorescence. Sous l'effet du sel qui affecte normalement le rendement de la photosynthèse, les photons absorbés par les chlorophylles s'accumulent en grande partie dans l'antenne chlorophyllienne où ils sont dissipés soit par production de chaleur, soit par fluorescence. L'intensité de la fluorescence est par conséquent liée au fonctionnement de l'appareil photosynthétique. Ainsi, la teneur en proline et la fluorescence chlorophyllienne constituent des paramètres efficaces de détection de la réaction des plantes à la salinité. Ceux-ci sont retenus dans cette étude pour vérifier leur variation avec le sel et en rapport avec la production florale de trois espèces florales saisonnières.

Matériel et méthodes

Le matériel végétal est constitué de trois plantes herbacées ornementales utilisées couramment dans la décoration estivale des massifs: *Petunia hybrida*, *Tagetes patula* et *Zinnia elegans*. La culture des trois espèces en essai est conduite dans des pots en plastique de 12 cm de diamètre et 15 cm de profondeur dont chaque pot contient 100 g de tourbe. Les pots sont placés dans une serre vitrée. Les plantes sont irriguées avec de l'eau chargée en chlorure de sodium selon les concentrations suivantes: 0, 2, 4 g.l⁻¹. Le substrat de culture est maintenu près de sa capacité au champ par des irrigations fréquentes afin d'éviter que l'eau ne soit un facteur limitant. Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en bloc aléatoire complet (BAC) avec trois répétitions (trois blocs). Le nombre de plantes par une répétition est 9.

Les semences sont mises en germination en mars dans des germoirs à une température de 24 °C durant 3 jours, puis placées en pots. La conduite de la culture est menée jusqu'en juin.

La fluorescence chlorophyllienne a été mesurée à l'aide d'un fluorimètre portatif: Fluorescence Induction Monitor (FIM 1500) de type ADC (Analytical Development Company Limited). Cet appareil consigne automatiquement les paramètres suivants:

- fluorescence initiale (F0): c'est la valeur minimale de la fluorescence lorsque tous les accepteurs d'électrons du photosystème II (PS II) sont complètement oxydés. La fluorescence initiale F0 a pour origine les chlorophylles qui forment les antennes collectrices du PS II;

- fluorescence maximale (Fm): elle correspond à la valeur maximale de la fluorescence obtenue pour la même intensité lumineuse. Cette valeur est obtenue lorsque toutes les premières quinones accepteurs d'électrons sont complètement réduites;

- rendement quantique: il est exprimé par le rapport $(Fm-F0)/Fm = Fv/Fm$, dans lequel Fv est la fluorescence variable.

Pour mesurer la fluorescence, deux étapes sont

suivies:

- première étape: on place un clip sur une feuille afin de mettre la surface-test à l'obscurité durant 30 minutes. Sur le plan physiologique, l'opération vide la chaîne de transfert d'électrons de photons, tous les transporteurs d'électrons se trouvent à l'état oxydé. Les centres réactionnels sont alors totalement disponibles;

- deuxième étape: on envoie un flash lumineux sur la surface-test. Il se produit une certaine inertie dans la mise en route de toute la chaîne transporteuse d'électrons. Les accepteurs d'électrons du PSII sont saturés. L'énergie lumineuse excédant les possibilités de collecte du PSII est réémise sous forme de fluorescence, l'intensité de fluorescence monte rapidement (1 seconde), d'une valeur initiale (F0) vers une valeur maximale (Fm). Le rendement quantique traduit alors l'efficacité qu'a le PSII à utiliser la lumière pour la conversion photochimique. Pour Eyletters et Bourrié (6), il est environ de 0,8 chez toute plante saine et diminue en cas de stress.

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la minhydrine ou tricetohydrindène.

C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaire (5). La mesure de la solution préparée se fait au spectrophotomètre (type S. 2000) à une longueur d'onde de 528 nm. On obtient des absorbances qui sont rapportées sur la courbe d'étalonnage (Figure 1) construite à partir d'une gamme connue de concentrations de proline. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

Résultats

La réaction des plantes à la salinité est estimée par la mesure de la teneur en proline, de la fluorescence chlorophyllienne et de la production florale.

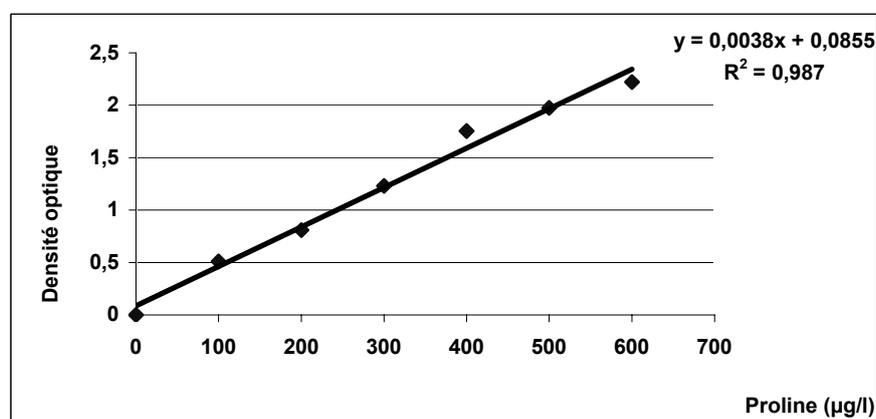


Figure 1: Relation entre la densité optique et la concentration en proline. La courbe est déterminée au laboratoire à partir des concentrations connues de proline.

-Impact de la salinité sur la teneur en proline

Les teneurs en proline sont données au tableau 1. Elle est de $14,2 \mu\text{mol.g}^{-1}$ chez le zinnia, de $28,9 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de poids frais (PF) chez le pétunia. La tagète a une teneur en proline plus élevée de 50% que celle observée chez le zinnia et une teneur plus faible par rapport au pétunia. En utilisant une eau d'irrigation non chargée en sel ($T_0 = 0 \text{ mM.l}^{-1}$), on obtient la teneur de proline la plus faible ($12,4 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF), avec 38 mM.l^{-1} de sel la teneur est de $20,4 \mu\text{mol.g}^{-1}$ de PF. Elle est plus élevée que le témoin de $8 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF ou de 39% et plus faible que le traitement 68 mM.l^{-1} de $16,5 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF ou de 80%.

Pour le zinnia, sa teneur en proline augmente du témoin au traitement T1 de $6 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF et du traitement T1 au traitement T2 de $11,2 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF. Chez la tagète, la teneur en proline passe du témoin au traitement T1 de $14,8 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF et du traitement T1 au traitement T2 de $15,3 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF. Quant au pétunia, sa teneur en proline augmente du témoin au traitement T1 de $3,1 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF et du traitement T1 au traitement T2 de $23,1 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF.

La teneur en proline du zinnia au traitement 38 mM.l^{-1} est proche de la teneur en proline de la tagète au traitement témoin. La différence est de $0,6 \mu\text{M.g}^{-1}$ de PF. La teneur en proline du pétunia au témoin et au traitement 38 mM.l^{-1} sont proches de la teneur en proline de la tagète au traitement 38 mM.l^{-1} et du zinnia au traitement 68 mM.l^{-1} . Les deux espèces *Tagetes patula* et *Petunia hybrida* sont plus pourvues en proline lorsqu'elles sont irriguées avec une eau non chargée en sel ce qui leur permet de réagir plus facilement aux doses élevées de sel et notamment à 68 mM.l^{-1} .

-Fluorescence chlorophyllienne

La fluorescence chlorophyllienne F0 est mesurée à l'état initial suite au déchargement des transporteurs d'électrons qui se trouvent à l'état oxydé alors que Fm est mesurée au moment du plein fonctionnement des photosystèmes lorsque les transporteurs d'électrons

sont réduits. Il est évident que la fluorescence F0 est faible en cas de détresse et augmente en cas de stress et inversement pour Fm. Entre les deux limites de fluorescence (F0 et Fm), on peut déduire la composante du rendement quantique qui est toujours inférieure à 1. Le rendement quantique diminue lorsque le taux des inhibiteurs augmente.

Le tableau 2 montre que pour le pétunia, la fluorescence initiale F0 est plus faible que celle du zinnia et de la tagète de 23 ou de 6% et sa fluorescence maximale est plus élevée que celles du zinnia et de la tagète respectivement de 150 et 198 ou de 7 et 9%. Le rendement quantique est élevé, il varie de 82 à 85%. La différence entre les trois genres est faible puisqu'elle ne représente au maximum que 3%.

A travers les traitements, la fluorescence chlorophyllienne initiale F0 la plus élevée est obtenue au témoin et les plus faibles aux traitements 38 mM.l^{-1} et 68 mM.l^{-1} et la fluorescence maximale la plus faible aux traitements témoin et 68 mM.l^{-1} et la plus élevée au traitement 38 mM.l^{-1} . Les différences obtenues entre les trois traitements sont faibles pour la fluorescence initiale ou maximale. Pour les rendements quantiques, ils sont élevés (81,4 à 84,9%). Le sel n'a montré aucun effet significatif sur la fluorescence de même que sur le rendement quantique.

A travers les trois espèces végétales et les trois traitements, la fluorescence ou le rendement quantique restent proches. Le sel n'a montré aucune action efficace sur les chaînes transporteurs d'électrons.

- Formation florale

Pour mieux quantifier l'action du sel sur la floraison, ce sont le nombre, le diamètre et le poids moyens des fleurs qui sont retenus.

Le tableau 3 montre les moyennes des nombres et des diamètres de fleurs des trois espèces végétales et des trois traitements de NaCl. Néanmoins, les mesures prises individuellement apportent certaines explications. Pour *Zinnia elegans*, il n'a fleuri qu'au traitement témoin avec un nombre de fleurs de 0,7

Tableau 1
Teneur en proline ($\mu\text{M.g}^{-1}$ de PF) selon les trois espèces végétales et les trois traitements de NaCl

Traitements	<i>Zinnia elegans</i>	<i>Tagete patula</i>	<i>Petunia hybrida</i>	Moyenne (n= 27)
T0 (témoin) (n= 9)	$6,4^a \pm 5,7$	$11,8^a \pm 2,5$	$19,1^a \pm 4,5$	$12,4^a \pm 6,7$
T1 (38 mM.l^{-1}) (n= 9)	$12,4^b \pm 6,4$	$26,6^b \pm 4,4$	$22,3^b \pm 13,6$	$20,4^b \pm 10,0$
T2 (68 mM.l^{-1}) (n= 9)	$23,7^c \pm 13,9$	$41,9^c \pm 7,1$	$45,4^c \pm 1,4$	$37,0^c \pm 12,7$
Moyenne (n= 27)	$14,2^a \pm 11,1$	$26,8^b \pm 13,7$	$28,9^b \pm 14,3$	

Les moyennes de la même colonne et qui se suivent de la même lettre ne diffèrent pas au seuil 5%.

Tableau 2
Fluorescence selon les trois espèces végétales et les trois traitements de NaCl

	Fluorescence	<i>Zinnia elegans</i>	<i>Tagetes patula</i>	<i>Petunia hybrida</i>	Moyenne (n= 27)
T0 (témoin) (n= 9)	F0	392 ^a ± 114	403 ^a ± 48	326 ^a ± 21	374 ^a ± 72
	Fm	1967 ^a ± 171	2072 ^a ± 66	2162 ^a ± 100	2067 ^a ± 134
	Fv/Fm	0,79 ^a ± 0,07	0,80 ^a ± 0,01	0,84 ^a ± 0,007	0,814 ^a ± 0,04
T1 (38 mM.l ⁻¹) (n= 9)	F0	325 ^a ± 21	331 ^a ± 8	343 ^a ± 19	333 ^a ± 17
	Fm	2119 ^a ± 16	2166 ^a ± 52	2283 ^a ± 113	2189 ^a ± 96
	Fv/Fm	0,84 ^a ± 0,006	0,84 ^a ± 0,006	0,85 ^a ± 0,01	0,849 ^a ± 0,007
T2 (68 mM.l ⁻¹) (n= 9)	Fm	350 ^a ± 98	333 ^a ± 32	329 ^a ± 5	338 ^a ± 52
	Fv	2008 ^a ± 178	1999 ^a ± 160	2241 ^a ± 118	2083 ^a ± 178
	Fv/Fm	0,827 ^a ± 0,03	0,83 ^a ± 0,01	0,85 ^a ± 0,005	0,83 ^a ± 0,02
Moyenne (n= 27)	F0	355 ^a ± 81	356 ^a ± 46	333 ^a ± 16	
	Fm	2031 ^a ± 141	2079 ^a ± 116	2229 ^a ± 109	
	Fv/Fm	0,82 ^a ± 0,04	0,82 ^a ± 0,02	0,85 ^a ± 0,007	

Les moyennes de la même ligne et qui se suivent de la même lettre ne diffèrent pas au seuil 5%.

(en moyenne pour les trois traitements, il est de 0,2) et leur diamètre est de 4,5 cm (en moyenne pour les trois traitements, il est de 1,5 cm). Pour *Tagetes patula*, les nombres des fleurs et les diamètres correspondants pour les traitements T0; T1 et T2 sont respectivement 7,0; 4,3 et 1,7 et 3,3; 3,0 et 1,9 cm. Le nombre et le diamètre des fleurs diminuent avec l'augmentation de la salinité, ils passent de 7 fleurs et d'un diamètre de 3,3 cm au témoin à 1,7 fleur et 1,9 cm de diamètre au traitement T3. Pour *Petunia hybrida*, les nombres de fleurs et les diamètres correspondants aux traitements T0, T1 et T2 sont respectivement 16,3; 8,6 et 7,0 et 6,2; 5,2 et 3,7 cm. Le nombre moyen est de 10,8 et le diamètre moyen est 5,0 cm. Aux traitements T1 et T2, le nombre de fleurs est peu différent (7,0 et

8,6) mais le diamètre au traitement T1 est de 5,2 cm et au traitement T2, il est de 3,7 cm.

Pour le poids moyen des fleurs (Tableau 4), le poids le plus faible est obtenu chez pétunia, il est plus faible que celui de la tagète de 0,88 g/fleur et de celui du zinnia de 0,6 g/fleur. Le pétunia forme les fleurs les plus légères. Pour l'action du sel, le poids moyen des fleurs diminue avec l'augmentation de NaCl. Au traitement 38 mM.l⁻¹, le poids moyen est de 0,55 g/fleur, et il est de 0,36 g/fleur à 68 mM.l⁻¹, la diminution est de 0,19 g/fleur. Entre le témoin et 38 mM.l⁻¹, les fleurs perdent en moyenne 1,32 g/fleur. Zinnia n'a pu former des fleurs qu'avec une eau non chargée en sel et tagète s'est montrée plus performante que pétunia.

Tableau 3
Nombre et diamètre moyens des fleurs selon les trois espèces végétales et les trois traitements de NaCl

	<i>Zinnia elegans</i>	<i>Tagetes patula</i>	<i>Petunia hybrida</i>
Nombre de fleurs (n= 27)	0,2 ^a ± 0,4	4,3 ^{ab} ± 3,0	10,8 ^b ± 5,2
Diamètre des fleurs (n= 27)	1,5 ^a ± 3,0	2,7 ^a ± 0,7	5,0 ^a ± 1,1
	To (0 mM.l ⁻¹) (n= 9)	T1 (38 mM.l ⁻¹) (n= 9)	T2 (68 mM.l ⁻¹) (n= 9)
Nombre de fleurs (n= 27)	8,0 ^a ± 7,2	4,3 ^a ± 4,2	2,9 ^a ± 3,9
Diamètre des fleurs (n= 27)	4,7 ^a ± 2,4	2,7 ^{ab} ± 2,2	1,9 ^b ± 1,5

Les moyennes de la même ligne et qui se suivent de la même lettre ne diffèrent pas au seuil 5%.

Tableau 4
Poids moyens des fleurs (g/fleur) selon les trois espèces végétales et les trois traitements de NaCl

Traitements	<i>Zinnia elegans</i>	<i>Tagetes patula</i>	<i>Petunia hybrida</i>	Moyenne (n= 27)
T0 (0 mM.l ⁻¹) (n= 9)	3,14 ^a ± 2,90	1,93 ^a ± 0,81	0,53 ^a ± 0,11	1,87 ^a ± 1,88
T1 (38 mM.l ⁻¹) (n= 9)		1,213 ^b ± 0,05	0,43 ^b ± 0,11	0,55 ^b ± 0,54
T2 (68 mM.l ⁻¹) (n= 9)		0,76 ^c ± 0,05	0,33 ^c ± 0,05	0,36 ^b ± 0,33
Moyenne (n= 27)	1,04 ^a ± 2,14	1,31 ^a ± 0,65	0,43 ^a ± 0,12	

-Les moyennes de la même ligne et qui se suivent de la même lettre ne diffèrent pas au seuil 5%.

Discussion

La réaction des plantes à la salinité se fait par des modifications adaptatives morphologiques, anatomiques, structurales et métaboliques. Pour détecter la tolérance des plantes à la salinité, il est intéressant de disposer de moyens précis et simples, plus rapides que les mesures phytotechniques traditionnelles. La teneur en proline et la fluorescence chlorophyllienne sont considérées comme des outils rapides et efficaces en agriculture.

La teneur en proline augmente chez les trois espèces ornementales avec l'augmentation de la concentration saline. Ces observations sont similaires à celles d'El Jaafari (5) qui observe une accumulation de proline chez trois variétés de blé en cas de stress salin. Rajaskaran *et al.* (16) ont montré que l'accumulation de la proline en réponse à la salinité n'est pas corrélée avec le degré de tolérance. De même dans cette étude, l'augmentation des teneurs de la solution d'irrigation en sel est accompagnée parallèlement par une augmentation croissante et relativement régulière de proline, mais qui n'est pas liée identiquement à la tolérance des plantes à la salinité. En effet, pour *Zinnia elegans*, les rapports T1/T0 et T2/T1 sont respectivement 1,91 et 1,93

Pour *Tagetes patula*, les mêmes rapports et dans le même ordre sont 1,57 et 2,25 et pour *Petunia hybrida*, ils sont 2,03 et 1,16. Pour les trois genres, le passage de T0 à T1 est accompagné d'une variation de la teneur en proline de 1,16 à 2,25 et de T1 à T2 de 1,57 à 2,03. Le passage du témoin au T1 ou bien de T1 au T2 est suivi relativement d'une double augmentation de la teneur en proline (en moyenne 1,9 fois la teneur). Toutefois, selon El Jaafari (5) le test "proline" très utilisé pour l'évaluation de la tolérance des plantes supérieures vis-à-vis des stress ne manque pas d'empirisme. Ceci est attribué à un manque d'explication physiologique de l'accumulation de proline induite en cas de stress. Venekamp (25) attribue à la proline accumulée un rôle dans la régulation du pH. Steward (21) suggère que l'accumulation de proline consécutive à un stress soit à la fois le résultat d'une diminution de la synthèse protéique et d'une reconversion du glutamate en proline.

Dans cette étude, des mesures de fluorescence chlorophyllienne sont effectuées. En principe, elles reflètent et quantifient le plus judicieusement le stress salin (6). En effet, les centres photochimiques utilisent les électrons provenant de la photolyse de l'eau et les deux photosystèmes (PSII et PSI) sont reliés par une chaîne de transporteurs d'électrons qui permettent la synthèse d'ATP et de NADPH. Un photon de lumière (quantum) absorbé par une chlorophylle quelconque migre très rapidement à travers les pigments vers le centre réactionnel où se fait la conversion photochimique. Les deux pigments actifs, deux centres réactionnels, des deux photosystèmes piègent les photons absorbés, d'énergie plus faible. Cette réémission constitue la fluorescence. La fluorescence contribue donc à dissiper l'énergie lumineuse absorbée par les chlorophylles et, de ce fait, entre en compétition avec la conversion de cette énergie en énergie chimique. Lorsque l'émission d'électrons est perturbée, la chaîne de transport détériorée par exemple par le NaCl, la dissipation d'énergie (chaleur et fluorescence) augmente. L'intensité de la fluorescence est inversement liée au rendement photochimique. Cette relation peut être considérée comme un indicateur intrinsèque précis de la réaction claire de la photosynthèse au niveau du PSII. Bien que les fluorescences traduisent mieux les perturbations photosynthétiques (4) aucun effet de fluorescence dû à l'action du sel n'a été observé pour les trois espèces ornementales et par les trois concentrations salines utilisées. Le rendement quantique est élevé chez les trois espèces (82 à 85%) et pour les trois traitements (81 à 85%).

Ainsi, le dosage d'un seul osmoprotecteur en l'occurrence, la proline paraît insuffisante pour expliquer l'indifférence de la fluorescence face à la salinité. Généralement et suite à l'action du stress salin, les plantes augmentent leurs teneurs en protéines (2, 19, 20, 23), en polyamines telles que la spermidine et la spermine (1, 18, 24) en polyols tels que le sorbitol et le mannitol (7, 11) et en glycines-bétaïnes (8). Ces osmoprotecteurs sont fortement impliqués dans l'ajustement osmotique pour atténuer

les effets négatifs de NaCl et probablement pour éviter les grandes pertes de photons lumineux par fluorescence.

La sensibilité aux sels des espèces florales étudiées se manifeste clairement à travers la croissance et la production florale. *Zinnia elegans* n'a légèrement fleuri qu'au traitement témoin (0,7 fleur de 4,5 cm de diamètre). La floraison de *Tagetes patula* se réduit avec l'augmentation de la salinité pour donner 4,3 fleurs (de 3,0 cm) au traitement T1 et 1,7 (de 1,9 cm) au traitement T2. *Petunia hybrida* a formé un même nombre de fleurs aux traitements T1 et T2 mais de calibre différent (8,6 fleurs de 5,2 cm et 7,0 fleurs de 3,7 cm). A partir de la formation florale, il semble que

Zinnia elegans soit sensible au sel, *Tagetes patula* soit moins sensible et *Petunia hybrida* soit plus tolérant.

Conclusion

L'action du sel sur trois espèces ornementales en essai s'est traduite par des teneurs en proline qui vont de pair avec la concentration en NaCl. Ces teneurs sont de plus en plus élevées lorsque la concentration en sel augmente. La fluorescence chlorophyllienne a montré ses limites dans cet essai puisqu'elle n'a pas pu détecter la réaction des plantes à la salinité. Bien que, la production florale soit affectée par le sel chez les trois espèces, seules pétunia et tagète ont montré une certaine tolérance vis-à-vis de ce sel.

Références bibliographiques

- Angels B.M., Delamor F., Amaros A., Serrano M., Martinez V. & Cerda A., 2000, Polyamines ethylene and other physico-chemical parameter in tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits as affected by salinity, *Physiologia plantarum*, 109, 428-434.
- Chen C.S. & Plant A.L., 1999, Salt-induced protein synthesis in tomato roots: the role of ABA, *J. Exp. Botany*, 50, 334, 677-687.
- Drouiich A., Ouhsine M., Ouassou A. & Ben Gaddour R., 2001, Effet du NaCl sur l'activité du PEPc foliaire et son rôle sur la synthèse du malate et de la proline chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Science Letters*, 3/3, 20-25.
- Ducret J.M., 1983, La fluorescence chlorophyllienne: un outil de diagnostic en agriculture, *Phytoma*, pp: M 7-10.
- El Jaafari S., 1993, Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé. Doctorat-Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 214 p.
- Eyletters M. & Bourrié B., 1996, La fluométrie: un outil pour étudier les déficiences nutritionnelles de la vigne et mesurer l'effet des apports d'engrais, *Phytoma*, 489, 58-60
- Gibb J., Dracup M., Greenway H. & Mc Comb J.A., 1989, Effect of high NaCl on growth and internal solutes of tobacco callus, *J. Plant Physiol.* 134, 61-69.
- Hansen A.D. & Burnet M., 1994, Evolution and metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in higher plants. *In: Plants*, eds. Biochemical and cellular mechanisms of stress tolerance by J. H. Cherry, pp: 291-301.
- Hakam N., Khnissadehs, Dell J.R. & Richer C., 2000, Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. *Hort. Science*, 35, 2, 184-186.
- Jain R.K., Jain S., Nainawatee H.S. & Choudhury J.B., 1990, Salt tolerance *Brassica Juncea L. in vitro* selection, agronomic evaluation and genetic stability. *Euphytica*, 45, 141-152.
- Khavari Njad R.A. & Mostafi Y., 1998, Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides and chloroplast ultra structure in leaves of tomato cultivars. *Photosynthetica*, 35, 1, 151-154.
- Lachâal M., Abdelly C., Seleimi N., Hajji M., Soltani A. & Grignon C., 1997, Recherche de critères physiologiques pour le tri de plantes tolérantes au sel. 6^{ème} journée scientifique du réseau des biotechnologies végétales. AUPELF-UREF, pp: 283-289.
- Leprince A.S., Thierry L. & Savouré A., 2003, Signalisation cellulaire en réponse à la contrainte hydrique chez *Arabidopsis thaliana*. www.agricta.org/pubs/std.
- Nabors M.W., Gibbs S.E., Bernstein C.S. & Neis M.E., 1980, NaCl-tolerant tobacco plants from cultured cells. *Z.P.F. Laufen physiol*, 97, 13-17.
- Piri K., 1991, Contribution à la sélection *in vitro* des plantes androgéniques de blé pour leur tolérance à NaCl. Doctorat-Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 168 p.
- Rajaskaran L.R., Aspinall D. & Paleg L.G., 2000, Physiological mechanism of tolerance of *Lycopersicon* spp. Exposed to salt stress. *Canad. J. Plant. Sci.* 80/1, 151-152.
- Roudani M., 1996, Physiologie comparée de deux espèces de blé en relation avec les conditions de nutrition. Métabolisme racinaire en milieu salé. Thèse d'Uni. Sci. Biol. Univ. Tunis II, 180 p.
- Santa-Cruz A., Acosta M., Rus A., Balarin M.C. & Acosta M., 1997, Effects of NaCl and mannitol iso-osmotic stresses on the free polyamine levels in leaf discs of tomato species differing in salt tolerance, *J. Plant physiol.* 151, 754-758.
- Sasikala D., Potluri P. & Devi Prasad D., 1993, Influence of salinity on axillary bud cultures of six lowland tropical varieties of potato (*Solanum tuberosum*). *Plant Cell Tiss. Org. cult.* 32, 185-191.
- Shiya S.K., 1992, Evaluation of drought and salt resistance of tomato varieties in terms of production, growth and physiological characteristics. This submitted in final form of requirement for the degree of doctor in agricultural sciences, University of Ghent, Belgium, 204 p.
- Steward C.R., 1981, Proline accumulation: biochemical aspects. *In: L.G. Paleg & D. Aspinall* (ed). *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Academic Press, Adelaide.
- Stroey R. & Jones Wyn R.C., 1979, Salt stress and comparative physiology in graminæ, *II*, *Plant Physiol.* 5, 839-850.
- Symarayitis, Neigrotiu I. & Jacobs M., 1992, Salt and water resistant mutant isolated from potato plants of *Nicotiana plumbaginifolia* (VIVIANI). *Med/Fac. Landbouw Univer. Gent* 57/4a, 1507-1516.
- Turano F.J. & Kramer G.F., 1993, Effect of metabolic intermediates on the accumulation of polyamines in detached soybean leaves, *Phytochemistry*, 34, 959-968.
- Venekamp J.H., 1989, Regulation of cytosol acidity in plants under conditions of drought. *Physiol. Plant*, 76, 112-117.
- Wyn Jones R.G. & Stroey R., 1978, Salt stress and comparative physiology in the graminæ II. Glycinebetaine and proline accumulation in two salt and water stressed barley varieties. *Aust. J. Plant Physiol.* 5, 817-829.

M. Denden, Tunisien, Ingénieur, Doctorat en Sciences Agronomiques à la Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées de Gand-Belgique en 1996, Maître de conférences à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem. Directeur du Département d'Horticulture et de Paysage et responsable du Laboratoire d'agronomie.

T. Bettaieb, Tunisien, Ingénieur, Titulaire d'un doctorat en sciences agronomiques Maître-Assistant à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem.

Alef Salhi, Tunisienne, Ingénieur, Etudiante en cours de préparation de son diplôme de spécialisation à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem.

M. Matlhouthi, Tunisien, Ingénieur, Doctorat en sciences agronomiques, Maître-Assistant à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem. Membre du Département d'Horticulture et de Paysage.

Evaluation des critères physiques des fèves de caféier Robusta (*Coffea canephora P.*) introduit dans les zones de basse altitude au Cameroun

J. Fallo^{1*} & J.C. Ngongang Nono¹

Keywords: Coffee- Bean size- Cameroon

Résumé

Une évaluation sur critères physiques des fèves de café Robusta (*Coffea canephora P.*) a été réalisée. Les parcelles expérimentales ont été choisies dans deux sites et deux stations de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). Ces sites, Nkolbisson dans le centre et Barombi-Kang dans le sud-ouest, correspondent aux deux principales zones agro-écologiques du caféier Robusta au Cameroun. Au total 8 clones ont été étudiés (B5, B11 et B42 de Centrafrique, C5 et C6 de Côte d'Ivoire, J13 et J21 de Java et M5 de Madagascar). Les cerises récoltées ont été évaluées pour le taux de caracolis, la granulométrie et le poids de cent grains normaux. Le poids moyen de 100 grains est compris entre 19,14 et 10,99 grammes pour tout le matériel testé. Le taux de caracolis à Barombi-Kang est égal à 23,5% pour le clone C5 et 10,6% pour M5; le reste est inférieur à 5%. A Nkolbisson quatre clones ont des taux de caracolis compris entre 35 et 60% (C5, J13, J21, M5). Les résultats obtenus révèlent une différence hautement significative ($P < 0,01$) pour les caractères pourcentage de grade 1, taux de caracolis entre les clones. Le test de Newman-Keuls donne un seul groupe homogène en dépit de la différence constatée par analyse de variance pour les caracolis. Les résultats montrent aussi que globalement les paramètres mesurés ne dépendent ni du clone, ni de la localité.

Summary

Evaluation of Physical Criteria of Introduced Coffee Robusta (*Coffea canephora P.*) Beans in Low Altitude of Cameroon

A study based on physical criteria of Robusta coffee beans (*Coffea canephora P.*) was performed in two agro-ecological areas of IRAD (Institute of Agricultural Research for Development), at Nkolbisson in the centre and Barombi-Kang in the south west Cameroon.

Eight clones (B5, B11 and B42 from the Republic of Central Africa, C5 and C6 from Ivory Coast, J13 and J21 from Java, M5 from Madagascar) were the study material. Harvested cherries were evaluated for the rate of caracolis, bean size distribution and weight of one hundred beans. Mean weights of hundred beans are between 19.14 and 10.99 grams. The rate of caracolis at Barombi-Kang is 23.5% for the clone C5 and 10.6% for M5. The rates of the others are minor than 5%. At Nkolbisson, four clones have their rate of caracolis between 35 and 60% (C5, J13, J21 and M5). The results showed a highly significant difference ($P < 0.01$) among clones for bean size distribution and rate of caracolis. Only one group was found homogenous according to Newman-Keuls test, despite significant difference observed for caracolis rate. The results showed also that globally observed parameters depend nor to location, nor to clone.

Introduction

Le programme de sélection du caféier Robusta (*C. canephora*) au Cameroun comporte deux volets: la sélection d'un matériel performant par voie végétative et la sélection par voie générative (6). La sélection végétative se fait par une multiplication par bouturage. Elle garantit la reproduction des individus ayant des génomes identiques aux parents. Duris (15) indique que la sélection par bouturage est onéreuse et recommande de planter des clones plutôt que des semenceaux. La plupart des études sur les essais avaient un caractère agronomique, et s'arrêtaient à la production du café marchand par hectare (25). Les essais d'introduction d'un matériel sélectionné ont

commencé en 1965 à l'est du Cameroun (6). En 1986, le Cameroun comptait 183 clones de Robusta venant d'origines diverses (locales, République Centrafricaine, Java, Yangambi au Zaïre, Madagascar et Côte d'Ivoire) (3). Ces introductions ont été rendues possibles grâce à une écologie favorable. On distingue en effet la forêt humide à pluviométrie monomodale, la zone forestière à pluviométrie bimodale (2) et plusieurs départements à l'ouest du pays (7). A l'origine, les clones sélectionnés pour les différentes zones de culture sont ceux dont le potentiel de production est supérieur au double de celui des caféiers répandus dans le pays (6). Charrier (11) cite le cas du clone *Coffea canephora P.*

¹ Institut de Recherche Agricole pour le Développement Tél.: 2233105; Fax: 2372233538. BP. 2067, Yaoundé, Cameroun.

*J. Fallo. Email: j_fallo@hotmail.com; Tél: 2379909974.

Reçu le 06.12.04. et accepté pour publication le 21.02.05.

malgache qui a été sélectionné par l'IFCC sur la base de sa production (plus de 2 kg de café marchand par arbre). Les essais portent généralement sur les clones sélectionnés haut producteurs (9, 18, 20).

La grosseur des fèves ou grade est, à l'heure actuelle, un critère important de commercialisation du café (10). Les études sur ces clones implantés au Cameroun sont peu nombreuses; les dernières études physico-chimiques remontent à au moins une dizaine d'années pour certains de ces clones importés (6).

Aucune étude ne fait apparaître les caractéristiques physico-chimiques des fèves (granulométrie, poids de 100 fèves, taux de caracolis, caféine, acide chlorogénique, etc...) de l'ensemble des clones introduits, qui contribuerait à une maîtrise de tout le potentiel de ressources génétiques de *C. canephora* mis en place. Cette omission est un handicap majeur dans l'évaluation du matériel génétique. En effet, la fertilité, aptitude d'un ovule à former une graine est un facteur déterminant de la productivité; elle est mesurée par le taux d'apparition d'un jeune endosperme et le taux d'apparition d'une graine; ces deux paramètres sont à rapprocher du taux de caracolis (14). Au niveau des analyses physiques post-récolte des fèves, Pierrès et Charmetant (22) indiquent également que le taux de caracolis est un paramètre important qui caractérise la fertilité des clones.

Le laboratoire de Chimie-Technologie de l'IRAD a élaboré un vaste programme d'analyse physique, chimique et organoleptique des fèves des cultivars de *C. canephora* que l'on rencontre au Cameroun afin de déterminer les meilleurs clones.

Le présent papier, axé sur les caractéristiques physiques des différents cafés étudiés constitue une bonne contribution à la maîtrise de la valeur marchande du matériel introduit.

Matériel et méthodes

Site expérimental

La station IRAD de Nkolbisson est située dans la zone de Yaoundé (Cameroun), à environ 700 m d'altitude entre 3,51° de latitude Nord et 11,27° de longitude Est (1); la température varie très peu et oscille autour de la moyenne de 23,3 °C (21); la précipitation annuelle avoisine 1550 mm (27).

La station de Kumba est située à 440 m d'altitude entre 4,39° de latitude Nord et 9,25° de longitude Est. La température moyenne y est de 26 °C. L'humidité relative est très élevée (60%) et la pluviométrie moyenne annuelle est de 2300 mm (28). Ces deux localités sont les zones potentielles de culture de *Coffea canephora* au Cameroun (19, 26). Ces localités présentent des conditions comparables à d'autres régions où l'on cultive ces clones tel Boukoko en République centrafricaine (5, 13, 18).

Description des parcelles et prélèvement des échantillons

Dans les parcelles, ces clones sont plantés suivant un écartement de 3,50 m sur les lignes et 2,40 m entre les lignes soit une densité de 1190 pieds/ha pour le site de Nkolbisson; à Barombi-Kang, l'écartement utilisé est de 4 m x 2,5 m soit une densité de 1000 caféiers/ha (6, 7).

Deux prélèvements ont été effectués à Nkolbisson et à Barombi-Kang en 2 campagnes (97/98 et 98/99). Tous ces prélèvements ont été effectués au mois de décembre (milieu de récolte).

La taille de chaque échantillon était de 5 kg de café cerises bien mûres. L'échantillon ainsi obtenu de chaque clone a été mis dans un sachet plastique et ficelé. Trente-deux échantillons ont été ainsi prélevés dans les 2 sites (16 échantillons par sites).

Clones

Les prélèvements ont été effectués sur les clones pendant les campagnes 1997/1999. Huit clones ont fait l'objet d'analyses. Il s'agit de clones B5, B11 et B42 originaires de Centrafrique, C5 et C6 originaires de Côte d'Ivoire, J13 et J21 originaires de Java et M5 originaire de Madagascar.

Séchage et décortiquage

Les cerises (teneur en eau 70%), placées en couche mince (3 à 4 cm d'épaisseur) sur des claies surélevées, sont soumises à un séchage solaire à la station IRAD de Nkolbisson. Ces cerises sont remuées deux fois par jour. Les précautions sont prises pour mettre les cerises à l'abri pendant les pluies et la nuit. Le séchage a duré 3 semaines et a baissé la teneur en eau à 12%.

Ceci correspond au moment où le café sonne dans son enveloppe suivant Barel et Jacquet, (4). Le café a été ensuite décortiqué à l'aide d'un décortiqueur à tambour de fabrication locale.

Analyse

Les analyses physiques ont porté sur (1) le taux de caracolis sur le café décortiqué, (2) le poids de 100 grains normaux (moyenne de 5 mesures) et (3) la granulométrie du café vert (grade 1) pour chaque clone.

1. Taux de caracolis

L'expertise de chaque échantillon a été effectuée sur la base des normes des cafés verts marchands tels que définis dans les normes NF V03-309/1977. Les caracolis sont dénombrés sur un échantillon de 300 grammes de fèves décortiquées de chaque clone, le taux de caracolis (poids de caracolis sur poids initial de l'échantillon exprimés en pour cent) est déterminé.

2. Granulométrie et poids des fèves

L'analyse de la granulométrie a été effectuée par deux méthodes complémentaires: le poids de 100 fèves de café marchand et le classement par grade à l'aide des jeux de tamis à trous ronds.

Pour obtenir des fèves ayant une forte granulométrie, nous avons retenu le pourcentage de grade 1 comme critère de classification. Ces fèves traversent le crible numéro 18 (trou de 7 mm) et sont retenues par le crible numéro 16 (trou de 6,3 mm).

Analyses statistiques

Les données ont été soumises à une analyse de variance à un seul facteur. Nous avons utilisé le programme SAS. Les différents groupes homogènes ont été déterminés par le test de Newman-Keuls. Des corrélations ont été établies entre les différentes variables mesurées.

Résultats et discussion

1. Poids moyens de grains

Le poids moyen de 100 grains, caractérisé par la moyenne de 5 pesées de fèves varie de 10,99 à 19,14 grammes. Le poids moyen de 100 grains varie selon les clones. Les clones M5 et B42 ont les plus grands poids moyens de 100 grains. B11 et C6 ont les plus petits poids moyens de 100 grains. Les valeurs des poids moyens indiqués par Bouharmont (6) portant uniquement sur 3 clones B5 (15,6), B11(14,7) et C6 (14,3) parmi les 8, sont supérieures à celles trouvées dans la présente étude. Ces résultats sont d'autant vrais que le soin (entretien, apport en engrais, etc.) apporté aux parcelles n'est pas le même qu'à l'implantation des essais. Le poids moyen de café marchand par clone, l'écart-type des valeurs moyennes et les résultats du test de Newman-Keuls au seuil de 5% sont indiqués dans le tableau 2. Il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les moyennes des poids moyens de 100 grains observés sur les clones. Le classement des clones (test de Newman-Keuls) suivant le poids moyen de 100 grains donne 3 groupes homogènes.

2. Pourcentage de *C. canephora* grade 1

Le pourcentage de café grade 1 par clone et par site et l'écart-type sont indiqués dans le tableau 1. Globalement, les clones de Nkolbisson sont moins performants. Le pourcentage de café vert grade 1 tel que défini plus haut varie selon les clones de 8,5

à 85,7. Les clones B42 et M5 ont les plus grands pourcentages de café grade 1 tandis que J13 en a le plus petit. Le pourcentage de café grade 1 par clone, l'écart-type et le classement selon le test de Newman-Keuls sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2
Comparaison des moyennes de poids de 100 grains, des granulométries grade 1 des différents clones, écart-type et classement par le test de Newman-Keuls

Clones	Moyennes poids de 100 grains	Pourcentage grade 1
M5	19.14 ± 2.54 a*	81.59 ± 1.74 a
B42	17.24 ± 1.12 ba	85.7 ± 4.75 a
J21	14.87 ± 0.36 ba	54.34 ± 7.34 b
C5	14.57 ± 0.83 ba	57.75 ± 16.75 b
J13	12.53 ± 0.70 ba	8.48 ± 0.61 e
B5	12.48 ± 0.51 ba	39.2 ± 22.36 c
B11	11.73 ± 1.77 ba	61.85 ± 5.4 b
C6	10.99 ± 1.61 b	16.44 ± 0.61d

* Les différences indiquées sont statistiquement significatives

Il existe une différence hautement significative ($P < 0,01$) entre les clones pour la variable pourcentage de grade 1. Le classement des clones (test de Newman-Keuls) suivant le pourcentage de café grade 1 indique 5 groupes homogènes. Les groupes extrêmes sont constitués des clones B42 (86,15%), M5 (81,80% et J13 (8,50%). Les autres groupes intermédiaires sont: B11 (62,70%), C5 (57,90%), J21 (54,25%), B5 (39,05%) et C6 (16,45%).

La corrélation entre le poids moyen de cent grains et la granulométrie grade 1 est positive et très significative ($r = 0,72$ avec une probabilité de 0,16%).

3. Taux de caracolis

L'analyse des échantillons a permis de déterminer les taux de caracolis pour chaque clone (Figure 1). Ces taux varient de 1 à 23,5% à Barombi-Kang et de 7 à 56% à Nkolbisson. Coste (12) indiquait que pour les fèves de *C. canephora* les taux de caracolis varient de 10 à 20%. Les résultats ci-contre dénotent le bon comportement des clones à Barombi-Kang et leur mauvais comportement à Nkolbisson.

Le test de Newman-Keuls a indiqué un seul groupe homogène. Les valeurs pour les clones B11, B5 et B42 se sont révélées faibles, le test n'a pas pu les séparer. Cependant aucune interaction localité x clone n'a été décelée.

L'analyse de variance au premier paragraphe indique que l'effet région est hautement significatif ($P < 0,01$) au niveau du taux de caracolis. La figure 1

Tableau 1
Moyenne des granulométries grade 1 par site et par clone

Sites	Clones							
	B5	B11	B42	C5	C6	J13	J21	M5
BK	60.4 ± 0.18	66.4 ± 0.54	90.1 ± 0.97	73.6 ± 0.32	14.0 ± 0.34	7.96 ± 0.24	61.3 ± 0.58	80.1 ± 0.93
NK	18 ± 0.71	57.3 ± 0.98	81.3 ± 0.9	41.9 ± 0.57	18.9 ± 0.35	9 ± 0.32	47.4 ± 0.76	83.1 ± 0.64

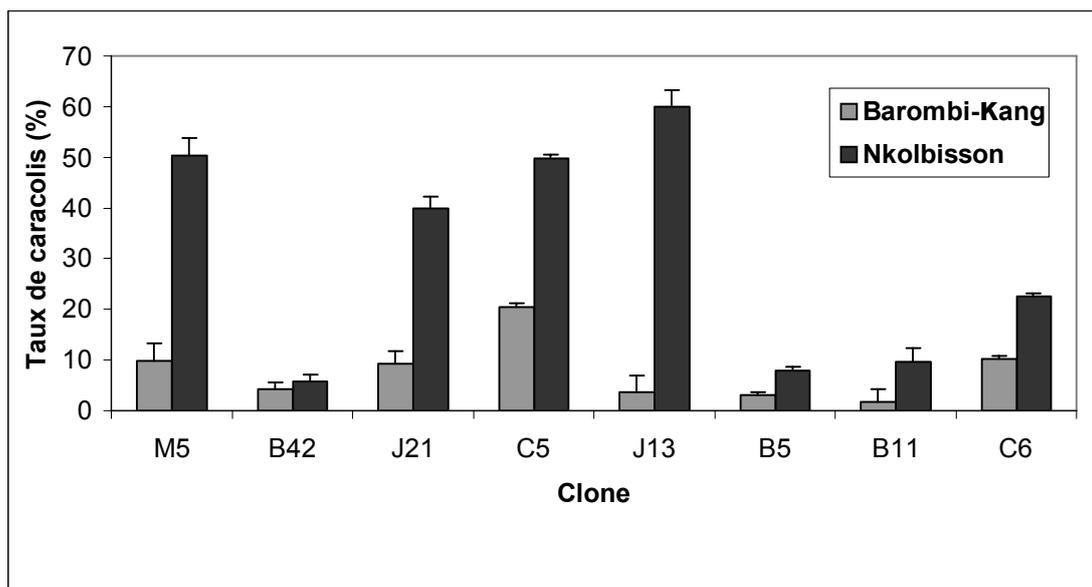


Figure 1: Taux de caracolis moyens avec écart-types (barre d'erreur sur le graphique) des *C. canephora P.*

montre qu'un seul clone (B42) a un taux de caracolis sensiblement indifférent du site et que les 7 autres sont liés à la localité. Les clones B5, B11, B42 sont très fertiles malgré les différences constatées entre Nkolbisson et Barombi-Kang. La fertilité du clone C5 à Barombi-Kang est égale à celle de C6 à Nkolbisson. Dans l'ensemble, la fertilité s'est révélée meilleure à Barombi-Kang (taux de caracolis faible) qu'à Nkolbisson.

Conclusion

Les résultats montrent que le clone M5 conserve l'un des critères qui a contribué à sa sélection par l'IFCC (poids moyen de cent grains supérieur à 18 grammes). Au niveau de la granulométrie grade 1, les clones B42 et M5 restent très performants. Malgré le bon comportement des clones centrafricains, la fertilité a été mauvaise à Nkolbisson. Le fait que ces deux clones B42 et M5 restent productifs malgré les intempéries est une preuve de leur performance et de leur résistance

aux maladies. L'évolution des paramètres est riche d'enseignements qui sont: le manque de traitement phytosanitaire et d'apport d'engrais (présence des caracolis). Ces résultats montrent l'importance des introductions et des échanges de matériel entre les stations et incitent à sauvegarder le matériel végétal existant.

Remerciements

Ces travaux ont bénéficié de l'appui financier et logistique du Fond d'Aide et de Coopération Française (FAC) à travers le CIRAD et de l'appui de l'Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) à travers les structures opérationnelles de Barombi-Kang et Nkolbisson que nous remercions hautement. La contribution du personnel du laboratoire de Technologie de Nkolbisson est très appréciée. Dr D. Snoeck, L. Dibog, A. Tagne ont contribué à une lecture critique du manuscrit et nous les remercions.

Références bibliographiques

- Ambassa K.R., Tchienkoua M. & Njomgang R., 1985, Etude pédologique d'un champ d'expériences à Nkolbisson (Rapport provisoire). 18 p.
- Ambassa K.R., 2000, Caractérisation biophysique succincte des différentes zones agro-écologiques du Cameroun, Miméo, IRAD Nkolbisson, Yaoundé, Cameroun, 6 p.
- Awemo J., 1986, Amélioration du caféier, Journées d'études sur le caféier, Montpellier, 8-11 juillet, p. 5.
- Barel M. & Jacquet M., 1994, La qualité du café: ses causes, son appréciation, son amélioration. Plantations, Recherche Développement. Vol. 1, n° 1, pp. 5-13.
- Bertaud J. & Guillaumet J.L., 1978, Les caféiers sauvages en Centrafrique-Résultats d'une mission de prospection (janvier-février 1975), Café-Cacao-Thé, vol. 22.
- Bouharmont P. & Lotode R., 1985, La sélection générative du caféier Robusta au Cameroun. Analyse des résultats d'un essai d'hybrides dialléle partiel implanté en 1973. ASIC, 11^{ème} colloque, Lomé, pp 507-518.
- Bouharmont P. & Awemo J., 1979, La sélection végétative du caféier Robusta au Cameroun, Café-Cacao-Thé, vol. 23, n°4, pp. 227-254.
- Capot J., Dupantex B. & Durandeaux A., 1979, L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire - Duplication chromosomique et hybridation, Café-Cacao-Thé, vol. 12, n°2, pp. 114-126.
- Cestac Y. & Snoeck J., 1982, Les essais de densités, de dispositifs de plantation et de taille sur caféiers Robusta en Côte d'Ivoire, Café-Cacao-Thé, vol. 26, n°3, pp. 183-198.
- Charmetan P. & Leroy T., 1985. ASIC, 11^{ème} colloque, Lomé, pp. 489-494.
- Charrier A., 1972, L'inter compatibilité des clones de caféiers cultivés sur la côte est Malgache, Café-Cacao Thé, vol. 16, n°2, pp. 11-122.

12. Coste R. & Cambrony H., 1989, Cafés et caféiers, techniques agricoles et productions tropicales- Edition Maisonneuve et Larose, p. 232.
13. Deuss J., 1968, Conditions climatiques du Centre de Recherches Agronomiques de Boukoko (République Centrafricaine), vingt-sept années d'observations météorologiques, Café-Cacao-Thé, vol. **12**, pp. 203-214.
14. Duceau P., 1980, Critères de sélection pour l'amélioration des hybrides Arabica en Côte d'Ivoire, ASIC, 9^{ème} colloque, Londres, pp. 603-610.
15. Duris D., 1985, Clones ou semences? Résultats d'essais comparatifs et multiloaux. ASIC, 11^{ème} colloque, Lomé, pp. 577-580.
16. Lachenaud P., Clément D., Sallée B. & Bastide P., 1994, Le comportement en Guyane de cacaoyers sélectionnés en Côte d'Ivoire, Café-Cacao-Thé, **38**, 2, 91-102.
18. Lanaud C., 1979, Etude de problèmes génétiques posés chez le caféier par l'introgression de caractères d'une espèce sauvage (*C. kianjavatensis mascarocoffea*) dans l'espèce cultivée *C. canephora* (Eucoffea), Café-Cacao-Thé, vol. **23**, n° 1, pp. 3-28.
18. Leroy T., Charmetant P. & Yapo A., 1991, Application de la sélection récurrente au caféier (*Coffea canephora* P.), premiers résultats du programme réalisé en Côte d'Ivoire, Café-Cacao-Thé, vol. **35**, n°2.
19. Massaux F., Misse C., Tchienji C., Lacroix M. & Tarjot M., 1978, Contribution à l'étude des relations hôte-parasite entre la rouille farineuse (*Hemileia coffeicola*) et caféier var. (Robusta) au Cameroun, Café-Cacao-Thé, vol. **22**, n°1, pp. 37-56.
20. Moschetto D., 1993, Etude des possibilités de sélections des caféiers de basse altitude pour les qualités organoleptiques, Mémoire de fin d'étude ENSA de Rennes, p. 6.
21. Omoko M., 1984, Dynamique de l'eau dans un sol ferrallitique et étude comparée entre l'évapotranspiration mesurée et calculée en climat équatorial. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. de Bordeaux I, 126 p. + annexes.
22. Pierrès D. & Charmetant P., 1985, Relation entre la vigueur, la fertilité et la production des Arabusta. ASIC, 11^{ème} colloque, Lomé. Pp. 427-433.
23. Snoeck J., 1968, La rénovation de la caféiculture malgache à partir de clones sélectionnés, Café-Cacao-Thé, vol. **12**, n°3, pp. 223-235.
24. Snoeck J., 1977, Essai d'irrigation du caféier Robusta, Café-Cacao-Thé, vol. **21**, n°2, pp. 111-128.
25. Snoeck J. & Lotode R., 1985, Méthodologie des recherches sur la fertilisation minérale du caféier Robusta en Côte-d'Ivoire. Schémas expérimentaux, ASIC, 11^{ème} colloque, Lomé, pp. 563-576.
26. Tarjot M. & Lotodé R., 1979, Contribution à l'étude des rouilles orangée et farineuse du caféier au Cameroun, Café-Cacao-Thé, vol. **23**, n°2, pp. 103-118.
27. Vallerie M., 1973, Contribution à l'étude des sols du centre-sud Cameroun. Types de différenciation morphologique et pédologique sous climat équatorial. Travaux et documents OSTOM, n° 29, Paris, 15 p.
28. Van Ranst E., 1985, Evaluation des terres de champs semenciers cacao-café de Barombi-Kang. Centre Universitaire de Dschang, Cameroun, pp. 36.

J. Fallo, Camerounais, Ingénieur en chimie industrielle, chercheur, chef de programme plantes stimulantes.

J.C. Ngongang Nono, Camerounais, Ingénieur agronome, chercheur.

Essais d'adaptation de production massive de juvéniles de *Clarias gariepinus* en conditions rurales

S. Rukera Tabaro ¹, J.-C. Micha ², C. Ducarme ³

Keywords: Intensive fish culture- Larval production- *Clarias gariepinus*' fingerlings- Rural conditions

Résumé

Afin d'améliorer les productions d'alevins de *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) en conditions rurales africaines, divers essais d'adaptation des techniques de production industrielle d'alevins ont été réalisés à Aquafarm à Tihange dans le cadre d'un diplôme d'études spécialisées en Aquaculture (DES).

Nos résultats indiquent qu'après 50 jours post éclosion (J50 PE) :

- la fécondité des femelles induites à l'ovaprim (105.541 ± 3.644 ovules/kg♀) ne diffère pas de celle des femelles traitées aux extraits hypophysaires (99.897 ± 7.551 ovules/kg♀). Par ailleurs, le nombre total et la taille des œufs ne sont pas significativement différents pour les deux inducteurs de pontes ($P= 0,1213$),
- le taux d'éclosion des oeufs obtenu sur cadres grillagés et sur jacinthes d'eau (respectivement 44 et 39%) est inférieur à celui obtenu dans les bouteilles de Zoug (67%),
- le taux de croissance spécifique (TCS= SGR) des larves ne semblent pas dépendre de la densité de mise en charge dans les limites de notre expérience mais est significativement plus élevé ($P> 0,05$) en étangs simulés ($18,34\%.j^{-1}$) qu'en bassins ($16,81\%.j^{-1}$). Par ailleurs, ces juvéniles ont évolué avec un meilleur taux de conversion alimentaire à fortes densités de mise en charge,
- les bassins avec mise en charge de 3.200 à 6.400 larves/m³ produisent respectivement 100 à 150 juvéniles.m⁻³.j⁻¹ et sont significativement plus productifs ($P> 0,05$) que les étangs simulés avec mise en charge de 833 à 1.666 larves/m³ qui produisent 56 à 112 juvéniles.m⁻³.j⁻¹. Ceci se traduit par de bonnes récoltes variant de 307 à 494 juvéniles.m⁻³ en étangs simulés et de 845 à 1.581 juvéniles.m⁻³ en bassins après 50 jours. Ces juvéniles présentent toutefois, dans les deux cas, une importante hétérogénéité de taille qui nécessiterait des tris réguliers à intervalle de six jours afin d'élever des lots de taille homogène pour limiter le cannibalisme,
- ces conditions d'élevage moins intensives et moins contrôlées qu'en production industrielle ont conduit à des productions d'alevins très satisfaisantes dont le coût des aliments n'était que de 0,0124 € soit 9,13 francs rwandais.

Summary

Adaptive Trials for Intensive *Clarias gariepinus* Fingerling to Rural Conditions

Artificial reproduction and fingerling production of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) have been tested under less controlled conditions to adapt the intensive technology used by Aquafarm (Tihange, Belgium) to rural conditions present in developing countries. The main aim was to compare the efficiency of ovaprim a synthesised hormone with catfish pituitary extracts. Fecundity and quality of eggs (egg weight) were not significantly different.

Incubation results on water hyacinth and on mosquito mesh frames were compared to those obtained in Zoug jars; the latter showed a higher hatching rate (67%) than water hyacinth (39%) and mosquito mesh frames (44%).

Larvae were stocked at different stocking rates in ponds (T_1 : 800 larvae.m⁻³ and T_2 : 1600 larvae.m⁻³) and in tanks (T_3 : 3200 larvae.m⁻³ et T_4 : 6400 larvae.m⁻³). After a 50-day nursing period, no significant difference ($P> 0.05$) was observed for specific growth rate (SGR) and survival rate, but better SGR were observed in ponds ($18.34\%.d^{-1}$) than in tanks ($16.81\%.d^{-1}$).

In general, production was slightly higher in tanks than in ponds being related to a higher stocking density. Significantly higher harvests were obtained from tanks with higher stocking densities but the sizes of the larvae were very heterogeneous. In such case, it is recommended to grade the larvae at 6 or 7 days intervals using different mesh sizes (from 3 to 5 mm). These less intensive rearing conditions gave nevertheless good fingerling productions.

¹ Station Piscicole de Rwasave, Facagro / UNR, B.P 629, Butare, Rwanda.

² URBO, FUNDP Namur, rue de Bruxelles 61, B.5000 Namur, Belgique.

³ Aquafarm s.a. chemin de la justice 8b, B 4500, Tihange, Belgique.

Reçu le 28.01.05. et accepté pour publication le 02.02.05.

Introduction

C'est vers les années 1970 à 1980 que les techniques de base pour la reproduction artificielle de *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), l'alevinage et le grossissement par alimentation artificielle commencent à être maîtrisées (9,18), ce qui permet alors le développement de la pisciculture semi-intensive puis intensive de cette espèce.

Sur 51,4 millions de tonnes de production aquacole mondiale en 2002 (10), la production de *Clarias* spp. se chiffre à 199.129 tonnes dont 86.011 t d'un hybride afro-asiatique (*C. gariepinus* x *C. macrocephalus*) rien qu'en Thaïlande. Les deux seuls pays africains qui présentent une production significative de *Clarias gariepinus* sont le Nigeria (2.874 t) et le Ghana (1.510 t) bien que cette espèce soit en forte demande sur les marchés de nombreux pays africains (3 à 5 US \$/kg au détail à Kinshasa, RD Congo).

Ces difficultés de production en Afrique sont dues à une faible maîtrise de l'élevage larvaire, phase déterminante de la production piscicole (10). Or *Clarias gariepinus*, espèce endémique à l'Afrique, reste une des espèces les plus adaptées à l'aquaculture africaine au travers de sa large répartition géographique sur ce continent (16). Force est de remarquer qu'à nos jours, même dans certaines stations de pisciculture où l'élevage de *Clarias gariepinus* constitue une activité courante, l'élevage larvaire n'aboutit pas toujours aux résultats escomptés suite à :

- des insuffisances dans la maîtrise de la technique de reproduction artificielle,
- une alimentation insuffisante et inadaptée aux premiers stades de développement,
- au manque de maîtrise des techniques d'alimentation optimale (ration, taille de l'aliment, fréquence de distribution),
- ainsi que par manque de maîtrise des conditions environnementales (densités optimales de mise en charge, température, lumière, abris, oxygénation, pH, nitrites, ammoniacque, etc.).

La question du taux de mise en charge adéquat reste discutée en pisciculture semi-intensive en étangs mais les auteurs semblent s'accorder sur un nombre de 100 larves.m⁻² pour récolter 30 à 40 juvéniles.m⁻² après 5 semaines, chaque juvénile pesant 2 g; les taux les plus élevés qui ont été utilisés au Nigeria, soit 250 larves.m⁻², ont permis d'obtenir une récolte de 85 juvéniles.m⁻² (7).

La majorité des producteurs aquacoles africains sont des paysans. Ils élèvent des alevins de *Clarias* pêchés dans les rivières ou produits dans de rares stations de pisciculture qui pratiquent la reproduction artificielle et l'élevage larvaire en étangs fertilisés. Ces stations restent incapables de satisfaire la demande en juvéniles pour l'élevage et le repeuplement car en plus des étangs de pisciculture plusieurs projets de relance de la production piscicole dans les lacs de plaines peu profonds formulent la même demande auprès de ces stations.

A l'occasion d'un diplôme interuniversitaire (Université de Liège – Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur) spécialisé en aquaculture (DES), nous avons abordé cette problématique par un travail effectué au sein de l'entreprise de production intensive de poissons tropicaux, Aquafarm s.a. à Tihange, en Belgique.

Ce travail a pour objectif d'adapter la technologie intensive de production de juvéniles de *Clarias gariepinus* (10) en utilisant du matériel local disponible, accessible à tout pisciculteur africain soucieux d'accroître sa production. Il cherche à répondre aux trois questions suivantes :

- Est-il indispensable d'utiliser de l'hormone de synthèse à acheter dans le commerce à l'étranger pour une meilleure induction de la ponte ou peut-on se contenter d'utiliser les hypophysés de mâles de poisson chat à sacrifier?
- L'incubation des oeufs sur des cadres grillagés et/ou fixés sur les racines de jacinthes d'eau flottantes ou d'autres plantes aquatiques similaires est-elle aussi efficace que l'incubation en bouteilles de Zoug?
- Quelle densité de mise en charge conduit aux meilleures survies, croissance et production dans les deux systèmes (étangs simulés et bassins) d'élevage larvaire?

Matériel et techniques

1. Stockage des géniteurs

Le choix des géniteurs à stocker se fait selon leur poids corporel. Des *Clarias gariepinus* mâles et femelles en nombre égal, de poids moyen de plus ou moins 1 kg sont stockés dans un même bassin au taux de 2 ou 3 ind./m²; ils sont nourris régulièrement avec des granulés (par exemple: granulés Veronesi à 48% de protéines) au taux journalier de 3% de la biomasse, distribués manuellement deux fois par jour. C'est dans ce bassin de stockage que seront choisis les géniteurs pour la reproduction artificielle.

2. Reproduction artificielle

2.1. Choix des géniteurs

La sélection des géniteurs mâles et femelles se fait exclusivement sur base de critères externes :

- Chez la femelle, il s'agit d'une papille génitale protubérante, d'un abdomen bien dilaté qui sous légère pression émet quelques ovules.
- Chez les mâles, il s'agit d'une bonne corpulence (7).

Après sélection, nous avons placé les géniteurs individuellement en stabulation, chacun dans son hapa, de 9h 00 à 20h 00, heure à laquelle nous avons injecté les femelles avec les inducteurs de ponte. L'extraction des ovules a été faite par légère pression abdominale (stripping), 12,5 heures (à 25,5 °C) après l'injection des inducteurs de ponte.

Au cours de ce travail, la reproduction a été réalisée avec quatre femelles (poids moyen: $4,5 \pm 0,8$ kg) et 6 mâles (poids moyen: $4,5 \pm 0,5$ kg).

2.2. Induction hormonale de ponte

a. Utilisation des hypophyses

On extrait l'hypophyse des mâles (Figure 1) chez lesquels on prélèvera les testicules pour la fécondation des ovules. Deux hypophyses pour deux femelles sont broyées, à l'aide d'un pilon et d'un mortier en porcelaine, dans 4 ml de solution physiologique (salinité: 9 ‰). On administre une injection d'extraits hypophysaires de 0,5 à 1 ml/kg de femelle puis on place les femelles en stabulation dans un bassin où l'eau ($24-26$ °C) circule en permanence.

b. Utilisation de l'ovaprim

L'ovaprim SYNDEL International Inc. Canada (info@syndel.com) est une hormone de synthèse,

vendue sous forme liquide au prix de 25,50 euro (2004) pour 10 ml. Elle est composée de GnRH analogue de saumon et d'un inhibiteur de la dopamine.

Nous l'avons administrée en une injection de 0,5 ml/kg de femelle. Les femelles ont ensuite été placées en stabulation dans un bassin à une température variant de 24 à 26 °C.

Les mâles n'ont pas reçu d'injection d'hormone de synthèse, ni d'extraits hypophysaires car généralement les testicules des poissons matures ont de la laitance en suffisance.

2.3. Incubation

a. Préparation de la laitance et fécondation des ovules

Les mâles ayant été sacrifiés, nous avons extrait les testicules (Figure 2a) que nous avons ensuite conservés dans de la glace dans un pot placé au réfrigérateur (2 à 4 °C). Le lendemain, juste avant

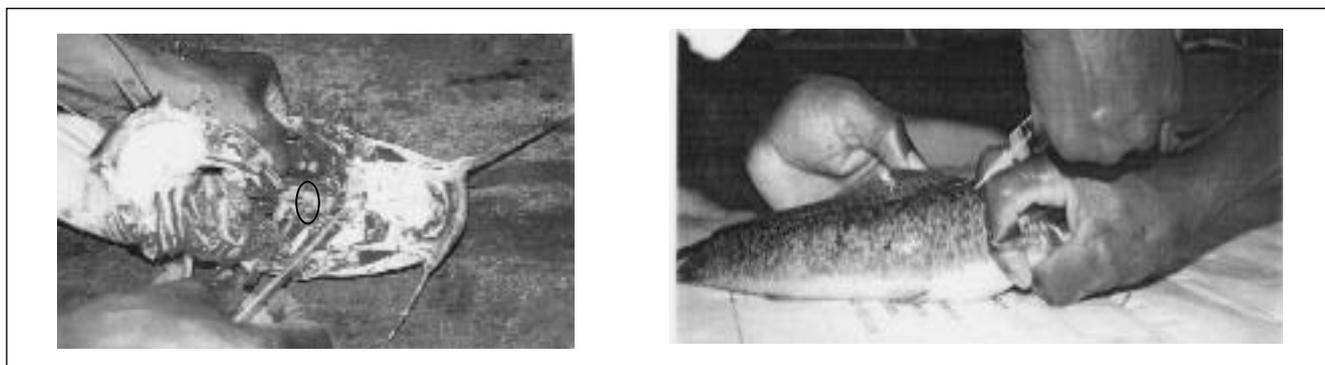


Figure 1 : Extraction de l'hypophyse (a) et injection de la solution hypophysaire dans le muscles dorsaux de la femelle (b).

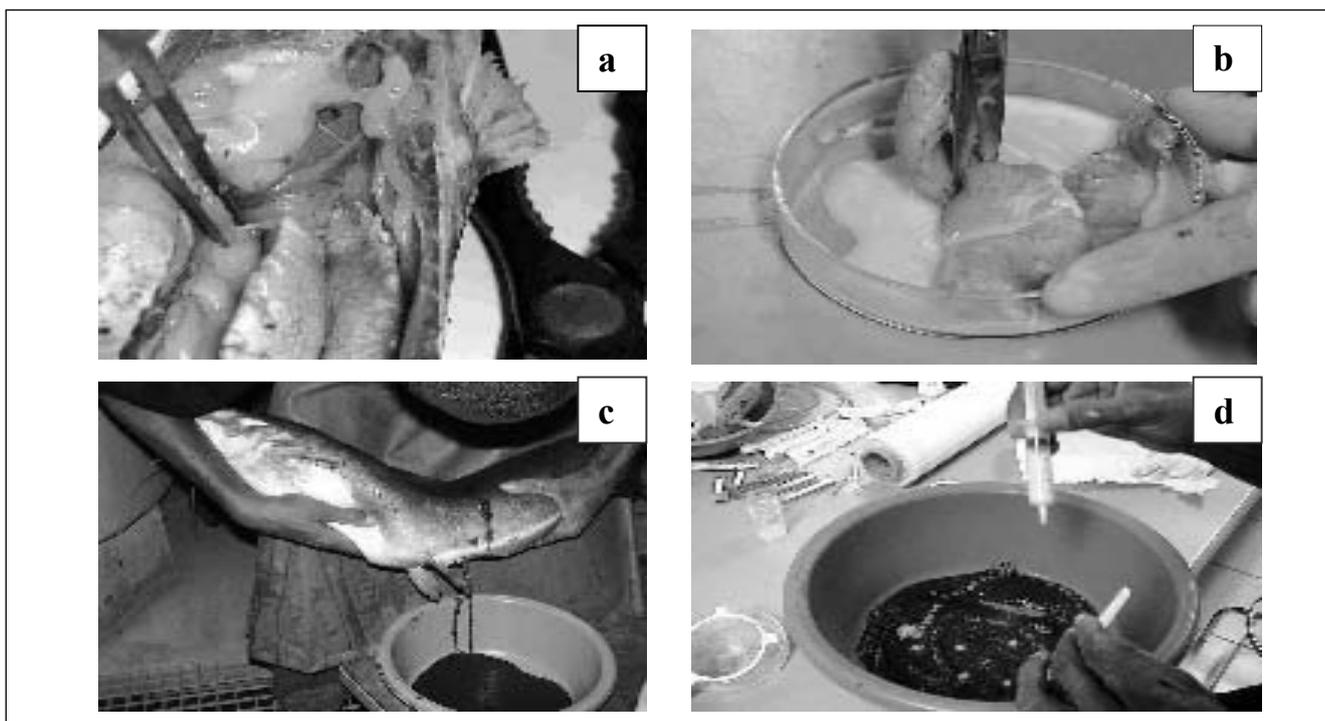


Figure 2 : Extraction des testicules et obtention de la laitance (a & b), stripping (c) et fécondation des œufs (d) durant la reproduction artificielle de *Clarias gariepinus*.

l'extraction des ovules, nous avons broyé les testicules; ensuite, la laitance a été épandue sur les ovules (Figure 2d) auxquels nous avons ajouté de l'eau de l'écloserie en volume égal aux œufs pour l'activation des spermatozoïdes. Après 3 à 5 minutes pour être certain que la fécondation (1 minute) soit terminée, nous avons ajouté de l'eau en quantité importante pour une bonne oxygénation et un rinçage parfait des ovules.

b. Incubation des œufs fécondés

Après fécondation, l'incubation est effectuée dans trois types d'incubateurs différents en vue d'en comparer les performances basées sur trois paramètres: taux de fécondation, taux d'éclosion et survie larvaire après résorption de la vésicule vitelline, soit le troisième jour post éclosion (J3 PE) ou 5 jours après la fécondation.

Ces incubateurs sont:

1. Cadre grillagé en hapa: un cadre flottant en bois avec toile moustiquaire en plastique (35 x 20 cm à mailles de 1 mm) pour l'incubation de 50 g d'œufs (Figure 3a).
2. Jacinthe d'eau «*Eichornia crassipes*»: 3 plantes par hapa pour 50 g d'œufs (Figure 3b)
3. Bouteille de Zoug (10l): système d'incubation conçu pour de grandes quantités d'œufs (50 g.l⁻¹ au maximum), où l'eau circule en permanence permettant d'éviter que les œufs ne s'agglutinent (Figure 3c).

Après éclosion, les larves sont placées en aquarium de 30 x 40 x 20 cm soit ~20 litres.

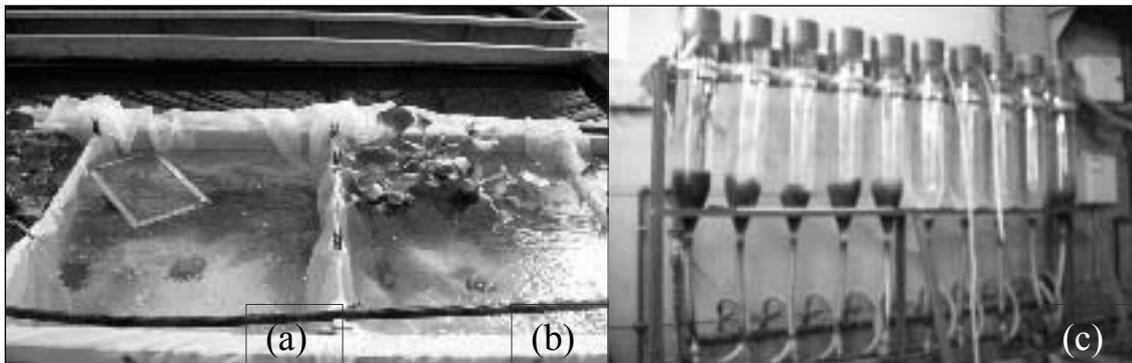


Figure 3 : Dispositif expérimental d'incubation des œufs fécondés de *Clarias gariepinus* sur cadre (a), sur jacinthes d'eau (b) et en bouteilles de Zoug (c).

Dispositif expérimental

- Deux bouteilles de Zoug ont reçu chacune 50 g d'œufs pondus par les femelles traitées à l'ovaprim,
- Deux bouteilles de Zoug ont reçu chacune 50 g d'œufs pondus par les femelles traitées aux extraits hypophysaires,
- Trois hapas ont reçu chacun un cadre portant 50 g d'œufs pondus par des femelles injectées aux extraits hypophysaires, et
- Trois hapas ont reçu chacun 50 g d'œufs de femelles traitées également aux extraits hypophysaires et portés par les racines de trois jacinthes d'eau.

Analyses statistiques

L'analyse de la variance ANOVA à 1 critère d'évaluation avec test F de Scheffé a été réalisée pour comparer les taux de croissance spécifique (SGR), le gain de poids, le poids moyen, la survie, les récoltes et productions des juvéniles élevés à différentes densités en étangs simulés et en bassins. Fécondité, taux d'éclosion, temps de stabulation et d'incubation ont été testés par le test non paramétrique de Mann Whitney. Les coefficients de variation des poids moyens ont été comparés deux à deux par le «Equality of variance F-test » (3, 4).

Pour les paramètres qui évoluent dans le temps, en plus du traitement, l'ANOVA II a été utilisée. Ces analyses et tests ont été réalisés à l'aide du logiciel statistique Statview. L'hypothèse nulle était chaque fois rejetée au seuil de 5%.

Résultats

1. Phase de reproduction artificielle

La comparaison des performances de reproduction des femelles à ponte induite par hypophyse de *Clarias* mâle et par ovaprim qui ont répondu à 100% dans les deux cas, ne montre pas de différence significative pour les paramètres mesurés (Tableau 1): nombre d'œufs/ponte, nombre d'œufs/g, taux d'éclosion, etc.

La comparaison des performances de survie des trois systèmes d'incubation testés (Tableau 2) montre également que les résultats des paramètres mesurés sont fort semblables si ce n'est que le taux d'éclosion est significativement plus élevé en bouteille de Zoug que sur cadre et sur racines de jacinthes d'eau.

2. Synthèse chronologique des phases de la reproduction artificielle

La production de larves de *Clarias* nécessite un certain nombre de manipulations dont la chronologie est la suivante:

Tableau 1
Comparaison des effets de l'hormone du commerce «ovaprim» et des extraits hypophysaires de mâles de *Clarias gariepinus* sur l'induction de la ponte et l'éclosion chez *Clarias gariepinus*

Traitement	Extraits hypophysaires	Ovaprim
Poids moyen des femelles (kg)	4,02 ± 0,68 ^a	5,15 ± 0,64 ^a
Réponse à l'injection (%)	100	100
Poids total de la ponte (g)	633 ± 70,71 ^a	852,5 ± 153,44 ^a
Nbre total œufs par ponte	399.023 ± 37457 ^a	542.376 ± 48400 ^a
Nbre d'œufs / g de ponte	631 ± 11,31	642 ± 58,7
Nbre d'œufs / 50 g d'œufs	31.550 ± 566 ^a	32.075 ± 2.935 ^a
Fécondité (œufs/kg de femelle)	99.897 ± 7551 ^a	105.541 ± 3.644 ^a
Temps d'incubation (degrés – heures)	687,61 ± 0,00 ^a	740,25 ± 0,00 ^a
Nbre de larves / 50 g d'œufs	21.060 ± 310	20.514 ± 450
Taux d'éclosion (%)	66,77 ± 2,18 ^a	64,16 ± 4,47 ^a
Poids moyen d'une larve (mg)	2,15 ± 0,32 ^a	1,88 ± 0,20 ^a

N.B.: Le taux d'éclosion est calculé sur base du nombre d'œufs incubé (50 g).

Les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil 5%.

Tableau 2
Comparaison des performances de survie, à partir de 50 g d'œufs, de trois systèmes d'incubation de pontes de *Clarias gariepinus*

	Cadre	Jacinthe	Bouteille Zoug
Nombre d'œufs / 50 g incubés	27.224 ± 1038 ^a	28.398 ± 2437 ^a	31.813 ± 1752 ^a
Nombre d'œufs embryonnés	17.873 ± 414 ^a	19.945 ± 3420 ^a	---
Taux de fécondation (%)	65,67 ± 1,00 ^a	61 ± 14,9 ^a	---
Taux d'éclosion (%)	44,00 ± 13,6 ^a	39,10 ± 8,4 ^a	66,77 ± 2,18 ^b
Survie post-résorption vésiculaire (%)	27,23 ± 11,8 ^a	32,13 ± 11,6 ^a	45,10 ± 10,96 ^a

(Les valeurs présentées sont des moyennes issues de triplicats pour les cadres et les jacinthes et de duplicats pour les bouteilles de Zoug (moyenne ± écart-type).

(---) manque de données par retard de prise d'échantillon.

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

J1: Induction de la ponte par injection d'extraits hypophysaires et mise en stabulation des femelles à une température de ± 25 °C.

J2: Stripping, fécondation des œufs par laitance de testicules et incubation des œufs sur cadres grillagés, jacinthes ou bouteilles de Zoug (température de préférence supérieure à 25 °C).

J3: Eclosion des œufs, retrait des cadres grillagés et jacinthes des hapas, évacuation des œufs non éclos.

J5: Résorption de la vésicule vitelline.

J7: Premier nourrissage avec *Artemia* ou zooplancton ou encore directement à l'aliment sec (Nippai I larval feed n°1).

Élevage larvaire

L'étude des caractéristiques de l'élevage larvaire a été abordée en comparant différents taux de mises en charge en bassins et en étangs. Six aspects principaux de la croissance des larves ont été suivis, à savoir: la vitesse de croissance spécifique, le gain quotidien de poids, le poids moyen individuel et l'hétérogénéité des tailles des juvéniles, les taux de conversion alimentaire et la survie des larves ont été suivis.

1. Démarrage des larves par nourrissage à l'aliment sec

L'aliment vivant, *Artemia salina* étant cher, exigeant

(cf. techniques de décapsulation et d'incubation) et difficilement accessible aux pisciculteurs africains, nous avons testé le démarrage des larves directement à l'aliment sec. Ce premier nourrissage larvaire à l'aliment sec s'est effectué avec des larves dont les œufs avaient été incubés sur cadres grillagés et jacinthes d'eau posés dans des hapas, l'induction de la ponte ayant été faite avec les extraits hypophysaires. Un essai similaire, effectué en conditions contrôlées, indique que les larves sentent les aliments à partir de 100 heures post-éclosion (100 h PE) par les barbillons sensoriels circum oraux (13).

Après la résorption de la vésicule vitelline dans les hapas à J3 PE, toutes les larves ont été mélangées et mises en bassin dans un circuit fermé où elles ont été nourries, *ad libitum*, pendant deux semaines, au début avec Nippai initial feed (200-250 µm; 54,7% de protéines brutes) pendant 6 jours et ensuite avec Nutra HP (300 µm) pendant 9 jours. Les résultats du contrôle de survie (Tableau 3) effectué au 15^{ème} jour de nourrissage (J19 PE) sont bons (42,7%) et le poids des alevins est tout à fait acceptable (0,5 g). En conséquence, l'absence de proies vivantes (*Artemia* ou zooplancton) ne devrait pas être un frein à la production d'alevins de *Clarias gariepinus* en milieu rural, si un aliment adéquat est disponible.

Tableau 3
Survie des larves de *Clarias gariepinus* nourries directement d'aliment sec (J: jour, PE: post éclosion)

	Mise en charge à J3 PE	Contrôle à J19 PE
Poids total des larves (g)	78	4003
Poids moyen (g)	0,00386	0,466
Nombre total de larves	20124	8590
Survie (%)		42,68

2. Effet de la densité sur la croissance et la production de *Clarias gariepinus* en étangs simulés et en bassins en polyester

2.1. Milieu d'élevage

2.1.1. Méthodes et matériel

Pour étudier l'effet des densités de mise en charge dans deux systèmes d'élevage larvaire, quatre étangs simulés et six bassins en polyester ont été répartis en duplicats pour trois différentes mises en charge dans chaque système (Figure 4 et Tableau 4).

Les étangs simulés et bassins sous ombrage ont été mis sous eau avec de l'eau de puits réchauffée

par l'eau chaude de la centrale nucléaire circulant dans des serpentins en plastique. Ils ont ensuite été fertilisés 15 jours avant la mise en charge aux engrais chimiques et organiques suivants:

- Fumier organique sec à base de fumure de volaille et bovin : 20 kg.are⁻¹
- Urée : 1,0 kg.are⁻¹
- Nitrates d'ammonium : 1,0 kg.are⁻¹
- Superphosphate : 1,5 kg.are⁻¹

Un inoculum (5 litres de concentré) de zooplancton filtré dans les étangs à carpes à l'aide d'un filet à zooplancton de mailles 63 µm (Figure 6) a été ajouté dans les étangs une semaine après la fertilisation.

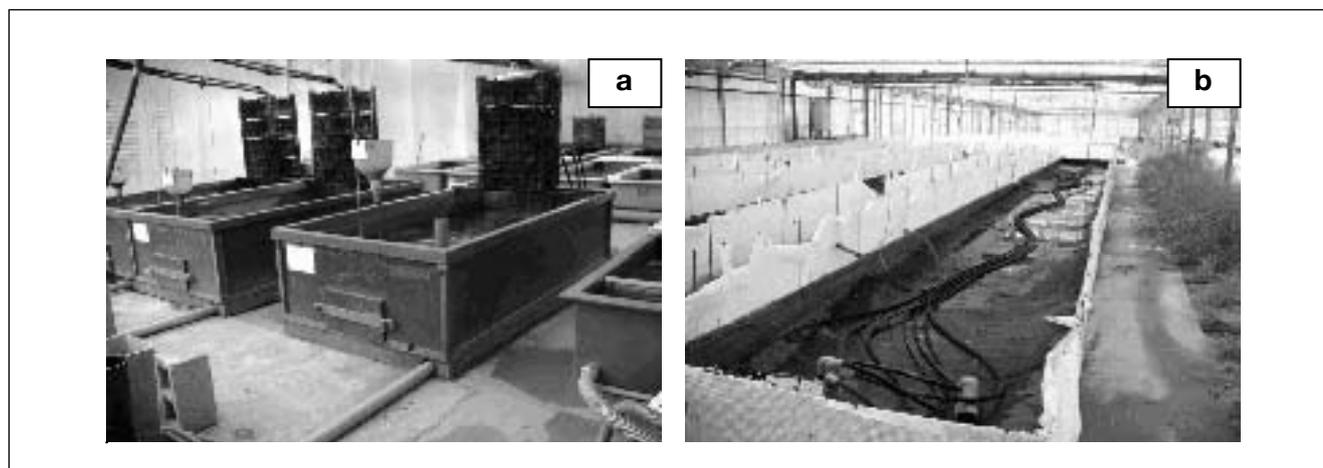


Figure 4 : Bassins (a) et étangs simulés (b) dans lesquels s'est fait l'élevage larvaire de *Clarias gariepinus* pour la production des juvéniles.

Tableau 4
Répartition des densités de mise en charge selon les différents types d'élevage (étangs simulés E et bassins en polyester B)

Dimensions	Densité de mise en charge			
	(larves.m ⁻³)	(larves.l ⁻¹)	(larves.m ⁻²)	
Etangs (20 x 1,8 x 0,3 m)				
T1: E1 & E3	10,8 m ³ d'eau	833	0,8	250
T2: E2 & E4	10,8 m ³ d'eau	1666	1,6	500
Bassins 1, 2, 3 (2,5 x 1,2 x 0,5) m				
Bassins 4, 5, 6 (3,95 x 1,25 x 0,5) m				
T3: B1 & B5	1,5 & 2,4 m ³ d'eau	3200	3,2	1600
T4: B2 & B3	1,5 m ³ d'eau	6400	6,4	3200
T5: B4 & B6	2,4 m ³ d'eau	1600	1,6	800

Constitution des lots expérimentaux

Au 11^{ème} jour post éclosion (J11 PE), dix échantillons d'une centaine de larves ont été prélevés dans différentes claies afin de calculer le poids moyen (balance OHAUS, précision 0,1 mg) sur base desquels les lots expérimentaux ont été constitués.

Le nombre de larves par lot a alors été estimé selon la densité de mise en charge (Tableau 4).

L'empoissonnement des étangs a eu lieu le 26 avril 2004 pour une éclosion du 15 avril soit J11 PE afin que les larves soient capables de résister aux nouvelles conditions d'élevage (s'adapter aux fluctuations de température, être apte à se chercher des abris et se nourrir facilement d'aliments secs tout en chassant des proies zooplanctoniques dans les étangs simulés).

Les taux d'empoissonnement choisis (250, 500, 1000 larves.m⁻²) sont supérieurs à ceux utilisés en élevages semi-intensifs (50, 100 et 150 larves.m⁻²) (7) car nous voulons étudier l'impact d'une alimentation performante. Cet élevage larvaire a duré 38 jours, soit de J11 à J50 PE.

Le nourrissage s'est fait d'abord au taux de 10% de la biomasse, puis 9%, puis 8% (chaque fois pendant 5 jours) et enfin 7% de la biomasse durant le reste des 38 jours d'élevage larvaire.

2.1.2. Variation des paramètres physico-chimiques importants

Pour caractériser notre milieu expérimental nous avons analysé régulièrement cinq paramètres physico-chimiques: température, oxygène dissous et saturation en oxygène, pH, nitrites, ammoniacque.

L'évolution de la température au cours de l'expérience n'a pas marqué beaucoup de fluctuations. La moyenne des températures de tous les étangs et bassins a été de $26,4 \pm 2,5$ °C, avec de plus faibles températures observées le matin et de plus hautes en fin d'après-midi. Les valeurs extrêmes ont été de 21,6 °C et 31,5 °C.

Les concentrations moyennes journalières d'oxygène

dissous ont varié autour de $5,3 \pm 1,3$ mg O₂.l⁻¹ dans les étangs (E1 à E4) et de $6,6 \pm 1,2$ mg O₂.l⁻¹ dans les bassins (B1 à B6); les plus faibles valeurs étant observées dans les bassins à plus forte densité de mise en charge (B2 et B3). Les concentrations extrêmes enregistrées ont été 1,3 et 9,3 mg.l⁻¹. A noter que des cas de sursaturation en oxygène se sont produits allant jusqu'à 113% dans les étangs et cela, indépendamment de la densité. Cette situation de sursaturation serait la cause de certaines mortalités observées au cours des 15 premiers jours d'élevage. L'ammoniacque est essentiellement toxique sous sa forme non ionique (NH₃) dont la proportion augmente avec la température et le pH. Les teneurs (NH₄⁺) ont varié entre $0,65 \pm 0,60$ et $0,84 \pm 0,13$ mg.l⁻¹ dans les bassins et entre $0,44 \pm 0,32$ et $0,57 \pm 0,4$ mg.l⁻¹ dans les étangs.

De même les teneurs moyennes en nitrites ont varié entre $0,26 \pm 0,24$ et $0,37 \pm 0,18$ mg.l⁻¹ dans les bassins et $0,28 \pm 0,17$ et $0,51 \pm 0,31$ mg.l⁻¹ dans les étangs mais des valeurs ponctuelles très élevées ont été enregistrées dans les étangs à plus fortes densités de mise en charge (i.e. E 4 avec $1,75$ mg NO₂.l⁻¹). Aucune différence significative ($P > 0,05$) pour l'ammoniacque et les nitrites n'a été décelée par le test F de Scheffé dans l'analyse de la variance, ni entre traitements, ni entre systèmes.

La valeur moyenne de pH de l'eau dans les étangs ($8,14 \pm 0,19$) a été légèrement différente de celle ($7,83 \pm 0,14$) observée dans les bassins ($P > 0,001$).

2.1.3. Variation de quelques paramètres biologiques

Chlorophylle a et biomasse algale

Dans l'ensemble, les concentrations en Chl a ont évolué de la même façon du début à la fin de l'expérience. Elles ont varié entre 2,1 et 54,98 µg Chl a.l⁻¹ dans les étangs et de 0,46 à 7,11 µg Chl a.l⁻¹ dans les bassins.

La biomasse algale estimée est plus élevée dans les étangs que dans les bassins. Les valeurs moyennes par traitement (Figure 5) varient entre $202,17 \pm 164,05$

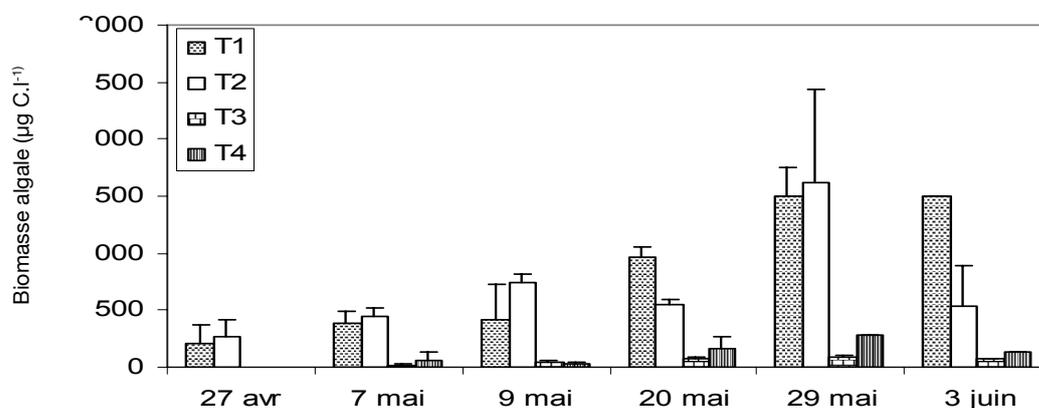


Figure 5: Variation de la biomasse phytoplanctonique estimée dans l'eau des étangs simulés et bassins où sont élevées les larves de *Clarias gariepinus* à différentes densités de mise en charge (Traitement 1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l) (T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l).

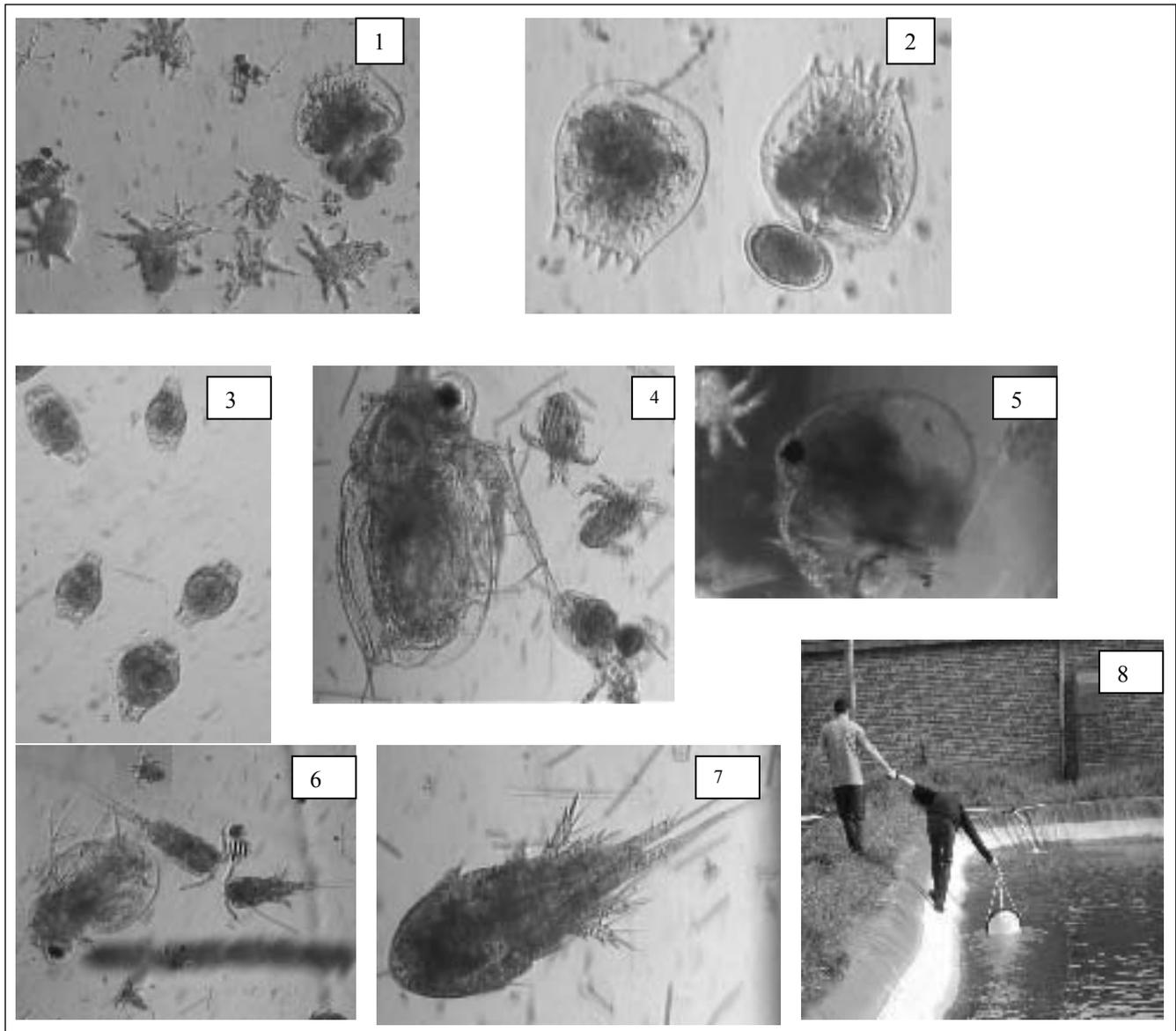


Figure 6: Principaux taxa zooplanctoniques développés dans les étangs simulés fertilisés, au départ d'un inoculum provenant des étangs à carpes: 1- larves nauplii, 2- Rotifère *Brachionus calyciflorus*, 3- *Brachionus angularis*, 4- Cladocère *Moina* sp, 5- Cladocère *Bosmina* sp, 6- Copépode *Cyclopoida*, 7- Copépode copépodite, 8- Prélèvement de plancton.

et $1622,45 \pm 815,87 \mu\text{g C.l}^{-1}$ dans les étangs et entre $18,56$ et $284,59 \mu\text{g C.l}^{-1}$ dans les bassins.

Abondance du zooplancton

Les rotifères ont constitué le groupe le plus représenté dans tous les étangs mais il y a des copépodes, cladocères et quelques vers. En début d'expérience les larves nauplii, cyclopoïdes et copépodites étaient les plus représentés; par la suite les nauplii ont disparu complètement et ont été remplacés en abondance par les petits rotifères *Brachionus angularis* et *Lecane* sp. (Figure 6).

Pathologies et techno-pathologies

Les premières mortalités massives, qui sont fréquentes (Ducarme, comm. pers.), surviennent déjà dès le 3^{ème} jour après l'empeisonnement. Elles seraient causées par les manipulations qui raclent la muqueuse cutanée

et ouvrent des voies d'infestation aux parasites et bactéries. Un traitement préventif à l'oxytétracycline et au sel est conseillé après chaque manipulation des larves.

Les attaques bactériennes (espèces non déterminées) ont été observées à J29 PE sur un très grand nombre de larves élevées en bassins à plus faible densité de mise en charge (B4 & B6) si bien que ces bassins ont été éliminés du dispositif expérimental. Les bactéries soupçonnées d'être les agents causaux sont *Aeromonas* et *Citrobacter* (Baras, comm. pers.). Le traitement thérapeutique efficace utilise oxytétracycline (50 ppm) et NaCl (3 kg.m^{-3}) par baignation pendant 3 à 4 heures.

La sursaturation en oxygène observée surtout dans les étangs E1 et E3 ($250 \text{ larves.m}^{-2}$) a été une cause de mortalités massives. Ces étangs se sont caractérisés

Tableau 5
Caractéristiques générales de croissance et de production des larves de *Clarias gariepinus* en étangs simulés (T1= E1 et E3: 0,8 larves.l⁻¹; T2= E2 et E4: 1,6 larves.l⁻¹) et en bassins en polyester (T3= B1 et B5: 3,2 larves.l⁻¹; T4= B2 et B3: 6,4 larves.l⁻¹), 38 jours après leur mise en charge

Traitement Unité élevage	T1		T2		T3		T4	
	E1	E3	E2	E4	B1	B5	B2	B3
V eau (m ³)	10,8	10,8	10,8	10,8	1,5	2,37	1,5	1,5
Durée (j)	38	38	38	38	38	38	38	38
T.E (N.l ⁻¹)	0,8	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2	6,4	6,4
Pmi (g)	0,0073	0,0073	0,0073	0,0073	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068
Pmf (g)	6,72	7,28	8,44	8,77	4,55	4,44	3,26	4,03
C.V (%)	85,20	78,17	53,05	92,71	160,21	68,51	77,01	96,38
Bi (g)	66	66	132	132	32	50	64	64
Bf (g)	23805	41702	22401	50305	6802,3	8101,1	9099,7	7299,4
Ni	9041	9041	17984	17984	4706	7353	9412	9412
Nf	3547	3077	4941	5736	1495	1644	2485	2258
Aliment (g)	10595,9	10595,9	28732,8	28732,8	4880,6	7068	13546,1	13546,1
FCR	0,45	0,47	0,69	0,57	0,72	0,97	1,69	1,50
K (traitement)	0,80		0,82		0,83		0,79	
SGR (%/j)	17,96	18,17	18,56	18,66	17,12	17,06	16,24	16,80
Gw (g/ind/j)	0,20	0,24	0,23	0,28	0,19	0,14	0,11	0,14
Survie (%)	39,23	34,03	27,47	31,90	31,77	21,67	26,40	23,99
P (g.m ⁻³ .j ⁻¹)	58,08	54,42	101,29	122,24	118,74	80,50	140,98	158,53
R (N.m ⁻³)	329	285	457	531	996	694	1656	1505

T.E (N.l⁻¹): taux d'empoisonnement en nombre de larves par litre, Pmi et Pmf: Poids moyen initial et final, C.V: coefficient de variation, Bi et Bf: biomasses initial et final, Ni et Nf: Nombre à la mise en charge et à la récolte, FCR: food conversion rate (taux de conversion alimentaire), K: coefficient de condition par traitement, SGR: specific growth rate (taux de croissance spécifique en % par jour), Gw: gain weight (gain quotidien de poids en gramme par larve par jour), P: production par unité de volume par jour, R: récolte par unité de volume.

par une prolifération rapide d'algues filamenteuses et une saturation en oxygène allant jusqu'à 113%. L'intervention a consisté à augmenter le nombre d'aérateurs bulleurs dans les étangs pour faciliter le dégazage de l'eau.

2.2. Effet de la densité sur la croissance en étangs et en bassins

Le tableau 5 présente les caractéristiques générales de croissance, de survie et de production des juvéniles de *Clarias gariepinus* dans chaque type d'élevage en étangs simulés (traitement T₁ et T₂) et en bassins en polyester (T₃ et T₄).

A l'évidence, les poids moyens finaux les plus élevés sont atteints en étangs simulés (7 à 9 g) et les plus faibles en bassins en polyester (3 à 4 g).

Les taux de croissance spécifique obtenus par traitement en fin d'expérience ont été comparés graphiquement (Figure 7) et statistiquement par ANOVA 1 afin de dégager l'effet des densités de mise en charge.

Le taux de croissance spécifique (Figure 7) varie dans l'ensemble entre 17,1 ± 0,4 et 18,9 ± 0,1 %·j⁻¹, mais est significativement plus élevé en étangs (T₁, T₂) qu'en bassins (T₃, T₄).

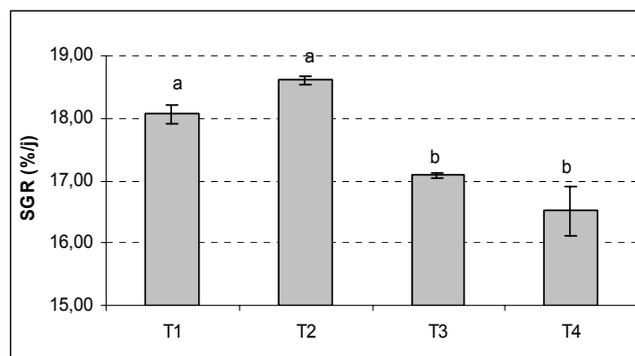


Figure 7: Variation du taux de croissance spécifique (SGR) en fonction des traitements, dans les étangs simulés (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l) et bassins (T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l) de production des juvéniles de *Clarias gariepinus* (valeurs moyennes de traitements). (Les barres portant la même lettre ne sont pas significativement différentes entre-elles).

Les poissons auraient évolué avec un taux de croissance spécifique qui diminue du début à la fin de l'expérience mais nous pensons que le facteur temps n'explique pas seul cette tendance car les taux de croissance spécifique obtenus ont évolué positivement alors que la température a fluctué.

2.3. Effet de la densité sur l'évolution du poids moyen et l'hétérogénéité des tailles

Le poids moyen des larves était comparable à l'intérieur d'un même traitement ($P > 0,05$) en début d'expérience; après 38 jours d'élevage le poids moyen global était de 8,95 ± 6,97 g dans les étangs et de 6,03 ± 5,88 g dans les bassins soit un poids moyen général de 7,25 g. Remarquons que ces poids moyens sont affectés de très grands écarts-types (Tableau 6), signe

Tableau 6
Evolution du poids moyen individuel (Pm) et du coefficient de variation de poids moyen (CV) en fonction des différents traitements
T1= E1 et E3: 0,8 larves/l ; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l (étangs simulés) et T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l
(bassins) lors de l'élevage larvaire de *Clarias gariepinus* (sd: écart type)

		T1	T2	T3	T4	Moy. gén.
26-avr J 11 PE	Pm (g)	0,0073	0,0073	0,0068	0,0068	0,007
	sd	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
	CV (%)	48,90	48,90	48,90	48,90	45,37
4-mai J 19 PE	Pm (g)	0,074	0,061	0,037	0,037	0,05
	sd	0,05	0,03	0,02	0,01	0,03
	CV (%)	62,78	54,72	45,28	30,21	48,25
11-mai J 26 PE	Pm (g)	0,33	0,31	0,27	0,23	0,28
	sd	0,23	0,16	0,19	0,13	0,18
	CV (%)	70,41	50,50	68,71	59,47	62,27
19-mai J 34 PE	Pm (g)	0,59	0,86	0,55	0,45	0,61
	sd	-	-	-	-	-
	CV (%)	-	-	-	-	-
26-mai J41 PE	-	-	-	-	-	-
3-juin J50 PE	Pm (g)	8,27	9,63	6,27	4,81	7,24
	sd	6,73	7,21	7,54	4,23	6,43
	CV (%)	81,69	72,88	114,36	86,69	88,91

d'une grande hétérogénéité de croissance qui s'est développée dans notre élevage. Cette hétérogénéité est plus marquée dans les bassins (CV maximal de 114,36%) que dans les étangs (CV maximal de 81,69%). L'ANOVA 2 avec le test PLSD de Fischer sur la densité de mise en charge et le temps montrent que les larves élevées à 500 larves.m⁻² (soit 1,6 larves.l⁻¹) ont une évolution de poids moyen significativement supérieur (P= 0,0001) à celle des larves élevées à 250 larves.m⁻² soit 0,8 larves.l⁻¹.

Etant donné que l'hétérogénéité de taille pourrait être modulée par la température de l'eau et vu l'influence de cette dernière sur la consommation d'aliments, l'efficacité de transformation énergétique et la croissance (8, 23), nous avons comparé poids moyen,

coefficient de variation et température de tous les traitements.

2.4. Effet de la densité de mise en charge sur l'alimentation, la production et la récolte

2.4.1. Taux de conversion alimentaire et survie des juvéniles

Les taux de conversion alimentaire (FCR) des juvéniles obtenus au bout de 38 jours de nourrissage varient entre 0,45 et 1,69 (Tableau 5), soit entre $0,46 \pm 0,02$ et $1,60 \pm 0,13$ si on considère les traitements. Les meilleurs taux de conversion alimentaire sont obtenus chez des juvéniles élevés en étangs et diffèrent significativement (P= 0,0032) de ceux obtenus en bassins (Figure 8A).

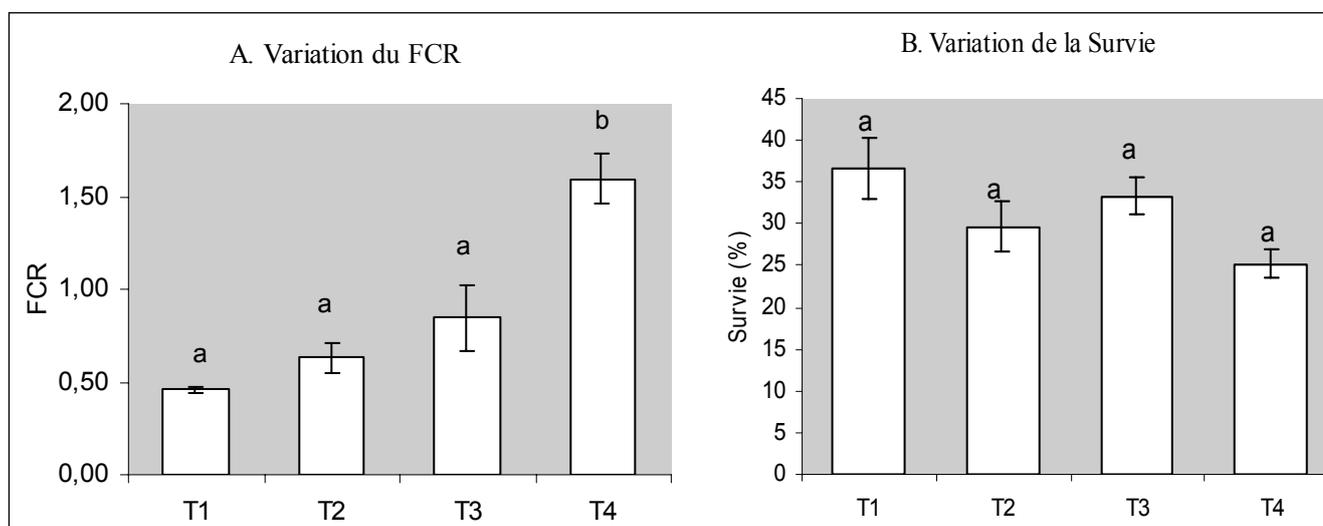


Figure 8: Variation du taux de conversion alimentaire (A) et de la survie (B) des larves de *Clarias gariepinus* élevées en étangs et en bassins à différentes densités de mise en charge (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l (étangs simulés) et T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l (bassins)).

Les résultats obtenus sur la survie n'ont pas mis en évidence une quelconque dépendance à la densité de mise en charge. Ils varient entre 24 et 39% sans différences significatives ($P > 0,05$) ni entre les traitements, ni entre les systèmes (Figure 8B); cependant, ils restent proches des survies suggérées par d'autres auteurs (7) qui ont étudié le développement larvaire en étangs (32,2 à 38,7 %).

2.4.2. Récolte et production

Après 50 jours post éclosion, la récolte totale (Tableau 7, Figure 10) se chiffre à 25.183 juvéniles d'un poids moyen de 7,2 g. Cette récolte suffit pour l'empoissonnement de 1,25 ha d'eau au taux de 2 juvéniles par m^2 . Elle paraît dépendante de la densité de mise en charge en bassins comme en étangs bien que les bassins (T3: 845 juvéniles par m^3 et T4: 1580 juvéniles par m^3) soient nettement plus productifs que les étangs (T1: 306 juvéniles par m^3 et T2: 494 juvéniles par m^3).

Sur base des récoltes (Tableau 7), on calcule une production moyenne de $56,3 \text{ g.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ pour les étangs à faible densité de mise en charge (Figure 9) et de $111,8 \text{ g.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ dans les étangs à forte densité. Dans les bassins à faible densité, la production a été de $99,6 \text{ g.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ alors qu'à forte densité elle a été de $149,8 \text{ g.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$. La production est plus grande pour

des densités de mise en charge plus élevées, en étangs comme en bassins, ainsi que le confirme le test PLSD de Fischer avec $P = 0,0291$ (T1 et T2) et $P = 0,0396$ (T3 et T4).

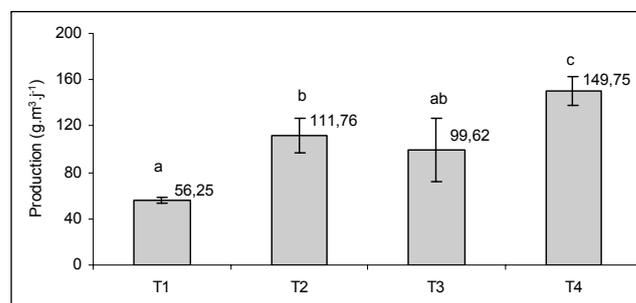


Figure 9 : Variation de la production ($\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$) de juvéniles de *Clarias gariepinus* selon les traitements en étangs simulés (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l) et en bassins (T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l).

Coûts directs de la production de juvéniles

Cette évaluation de la rentabilité économique de la production de juvéniles reste difficile à saisir étant donné que certaines charges (matériel, produits vétérinaires, main-d'œuvre, etc.) ont été partagées avec d'autres activités d'élevage au sein de l'entreprise Aquafarm.

En conséquence, l'estimation des coûts de production de nos juvéniles de *Clarias gariepinus* est faite sur

Tableau 7

Variation de la récolte d'alevins de *Clarias gariepinus* en étangs simulés (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l) et en bassins en polyester (T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l)

Traitement Unité élevage	T1		T2		T3		T4	
	E1	E3	E2	E4	B1	B5	B2	B3
Effectif brut	3555	3077	4941	5736	1495	1644	2485	2258
Juvéniles. m^{-3}								
Etang et bassin	329	285	457	531	996	685	1656	1505
Moyenne/traitement		307 ^a		494 ^a		841 ^a		1581 ^b

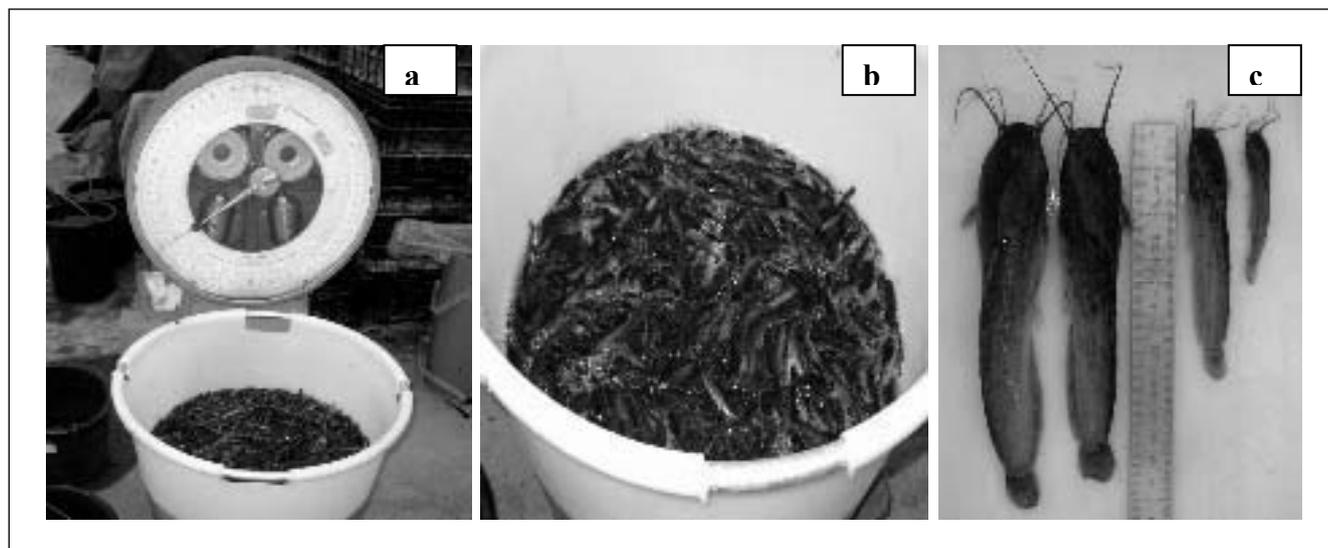


Figure 8: Variation du taux de conversion alimentaire (A) et de la survie (B) des larves de *Clarias gariepinus* élevées en étangs et en bassins à différentes densités de mise en charge (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l (étangs simulés) et T3= B1 et B5: 3,2 larves/l; T4= B2 et B3: 6,4 larves/l (bassins)).

Tableau 8

Coût de production d'un juvénile estimé à partir des aliments distribués aux larves de *Clarias gariepinus* pendant J50 PE en étangs simulés (T1= E1 et E3: 0,8 larves/l; T2= E2 et E4: 1,6 larves/l) et en bassins (T3= B1 et B5: 3,2 larves/l et T4= B2 et B3: 6,4 larves/l)

Période Aliments (j)	T.N (% biomasse)	T1 (g)	T2 (g)	T3 (g)	T4 (g)	Total (kg)	C.U (€/kg)	C.T (€)
J0	-							
J3	Artemia					0,34	25	8,5
J7	Artemia +Nippaï 0.2					0,04	15,38	0,62
J11	Nutra HP0.3	10	120	240	52	110	0,52	4,5
J17	Nutra HP0.5	9	284	724	83	180	1,27	2,55
J23	Nutra HP0.75	8	780	1690	336	316	3,12	2,35
J31	Nutra HP1.0	7	14592	42720	8881	10600	76,79	2,15
J39	Coppens 1.5	7	9120	26701	13321	15900	65,04	1,15
J44	Veronesi 2.0	7	12768	37381	0	0	50,15	0,86
	Total aliment		37664	109456	22673	27103		
Juvéniles récoltés (nombre)			6632	10677	3139	4743	25191	
Coût de production (euro/juvénile)							0,0124 €	9,13 RWF

T.N: taux de nourrissage, C.U: coût unitaire, C.T: coût total, €, euro, RWF: Rwanda francs.

base des seuls coûts directs se référant aux dépenses alimentaires.

Le type et la quantité d'aliments distribués par taux de nourrissage et leurs coûts (Tableau 8), nous ont permis d'estimer le coût alimentaire de production d'un juvénile de *Clarias gariepinus* d'environ 7,2 g de poids moyen et de 50 jours d'âge.

Le coût de production du juvénile de *Clarias gariepinus* estimé en référence aux dépenses alimentaires après J50 PE est de 0,0124 € et le coût lié à l'utilisation éventuelle d'*Artemia* est de 0,0004 € par alevin de 7 g.

Discussion et conclusions

Il est intéressant de constater qu'après stimulation par hormone de synthèse à efficacité garantie, le taux de réponse, la fécondité des femelles, la taille des œufs et leur qualité ne diffèrent pas significativement de celles obtenues de femelles dont la ponte est induite par des extraits hypophysaires fraîchement recueillis de poissons mâles. L'hormone de synthèse n'est donc pas indispensable pour la reproduction artificielle de *Clarias gariepinus*.

Les taux d'éclosion obtenus au cours de ce travail ne montrent aucun effet dû aux inducteurs de ponte que nous avons utilisés. Etant donné que l'incubation des œufs a évolué dans les mêmes conditions de température ($23,5 \pm 2,3$ °C), d'oxygénation ($8,6 \pm 0,3$ mg O₂.l⁻¹) et dans un système identique (bouteille de Zoug), toute autre hétérogénéité d'éclosion ne proviendrait que des différences dans les manipulations en cours d'hypophysation, d'incubation et de stripping. Néanmoins, on peut remarquer que la température d'incubation est restée inférieure à 25 °C rapportée (18) comme garantissant l'obtention de meilleurs taux d'éclosion et une meilleure qualité des

œufs pondus. L'éclosion a eu lieu après 687 à 740 degrés-heures, ce qui la situe bien dans l'intervalle connu (17) tenant compte de la température de l'eau.

La croissance spécifique, dans cet élevage, n'est pas liée à la densité de mise en charge; cependant les résultats montrent qu'à la fin de l'élevage les traitements à faibles densités de mise en charge présentent une plus grande hétérogénéité en bassins qu'en étangs mais toujours élevée dans les deux cas. Ces résultats ne peuvent s'expliquer que par le comportement d'agressivité très connu chez *Clarias gariepinus* (4, 11, 14, 20, 22). En effet la faible hauteur d'eau (0,30 m) et le plus grand volume d'eau des étangs simulés (10,8 m³) ne permettent pas l'installation d'une hiérarchie liée au comportement d'agressivité qui cependant se développe dans les bassins plus profonds. Toutefois aucune différence significative n'a été détectée statistiquement ($P > 0,05$). Ce comportement d'agressivité est vite observé dans les bassins (0,50 m de hauteur d'eau) où les poissons les plus dominants se nourrissent dans la zone supérieure du bassin, réduisant ainsi l'accès à la nourriture aux plus faibles. Cette hétérogénéité de taille va par la suite entraîner le cannibalisme, ce qui affecte considérablement la survie des juvéniles.

Les larves de *Clarias gariepinus* élevées en système semi-intensif (étangs simulés) ont, au terme de 50 jours post éclosion, atteint près du double du poids de celles produites en bassins. Certes, la densité utilisée dans les bassins ne reflète pas l'optimum mais des densités proches (20) ont été utilisées et ont permis de dégager l'effet de la densité sur les performances de croissance. Cette différence de croissance entre étangs simulés et bassins peut trouver également son explication dans les ressources alimentaires (6). Les larves en étangs ont continuellement bénéficié de zooplancton.

Les productions obtenues semblent dépendre de la densité de mise en charge. La production est presque le double à plus forte densité de mise en charge en étangs (0,8 à 1,6 larves.l⁻¹) comme en bassins (3,2 à 6,4 larves.l⁻¹). Pareilles observations sont présentées par plusieurs auteurs qui stipulent que la biomasse des larves par unité de volume augmente clairement avec l'augmentation de la densité de stockage bien que la croissance individuelle diminue (7, 11, 14, 20).

Enfin, on a pu constater que le coût alimentaire de production des alevins (0,0124 €/pièce) est relativement faible alors que la forte demande des producteurs africains en manque d'alevins induit des prix de vente intéressants (~0,04 à 0,2 €/alevin selon leur poids: 2 à 10 g et selon les pays). Cela devrait induire l'émergence de producteurs d'alevins de *Clarias gariepinus* et permettre ainsi l'augmentation de la production de cet excellent poisson très apprécié sur les marchés africains (2 à 5 US\$/kg selon la taille et le lieu)

Perspectives d'amélioration de la production en conditions rurales

Au terme de ce travail qui trace la voie pour une amélioration de la croissance, de la survie et donc de la production des juvéniles de *Clarias gariepinus* en conditions rurales, nous recommandons aux pisciculteurs d'utiliser:

- des extraits hypophysaires à partir de mâles sacrifiés pour la fécondation artificielle des ovules pondus;
 - comme systèmes d'incubations: des cadres grillagés flottants et ou des plantes aquatiques flottantes (racines nettoyées au préalable), vu les bons rendements obtenus avec ce matériel très simple.
- Toutefois, une forte hétérogénéité de taille s'installe très tôt dans cet élevage larvaire, ce qui conduit au cannibalisme. Il faut dès lors pratiquer des tris réguliers à intervalles de 5 à 7 jours à l'aide de trieurs de

2, 3 et 4 mm de vide de mailles, fabriqués localement en bois et tuyaux PVC ou grillage en polyester afin d'élever des lots de taille homogène.

Par ailleurs, comme beaucoup de chercheurs ont mis en évidence l'intérêt d'un faible éclairage, d'abris divers et d'une forte densité de mise en charge, il y a lieu d'en tenir compte pour diminuer l'agressivité et améliorer la production des juvéniles de *Clarias gariepinus*. En ce qui concerne la densité, une mise en charge de 500 larves.m⁻² (1,6 larves.l⁻¹) serait mieux indiquée en élevage semi-intensif en étangs alors qu'en bassins en polyester on peut atteindre 6,4 larves.l⁻¹.

Cette expérience a été réalisée avec un aliment industriel disponible en Europe et devrait être répétée dans les centres d'alevinage afin de maîtriser cette technique de production intensive. Pour l'avenir, il y a lieu de s'investir principalement dans la mise au point d'un aliment riche en protéines et énergie, de dimension adéquate (d'abord très fin : 200 µm, puis de plus en plus grand à mesure que les larves croissent), localement disponible à un prix économiquement acceptable et de le distribuer fréquemment (au moins 4 fois par jour).

En conséquence, nous constatons qu'il est tout à fait possible d'intensifier la production d'alevins de *Clarias gariepinus* en conditions rurales avec des techniques simples adaptées du système très intensif pratiqué dans des piscicultures industrielles telles que celle d'Aquafarm à Tihange.

Remerciements

Nous remercions vivement l'entreprise d'élevage Aquafarm s.a. (Tihange) pour l'accueil sur leur site et la mise à disposition du matériel nécessaire à l'accomplissement de ce travail.

Références bibliographiques

1. Appelbaum S. & Mc Geer J.C., 1998, Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 4, 157-164.
2. Appelbaum S. & Kamler E., 2000, Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquacultural Engineering*, 22, 269-287.
3. Baras E., 1999, Sibling cannibalism among juvenile vundu under controlled conditions. I. Cannibalistic behaviour, prey selection and prey size-selectivity. *Journal of Fish Biology*, 54, 82-105.
4. Baras E. & d'Almeida A.F., 2001, Size heterogeneity prevails over kinship in shaping cannibalism among larvae of sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus*. *Aquatic Living Resources*, 14, 251-256.
5. Baras E., Tissier F., Wester Joppe L., Mélard C. & Philippart J.-C., 1998, Feeding in darkness alleviates density dependent growth of juvenile vundu catfish *Heterobranchus longifilis* Clariidae. *Aquatic Living Resources*, 11 335-340.
6. Bombeo R.F., Armando C.F., Josefa D. & Tan-Fermin, 2002, Nursery rearing of the Asian catfish, *Clarias macrocephalus* (Günther), at different stocking densities in cages suspended in tanks and ponds. *Aquaculture Research*, 33, 13 p. 1031.
7. De Graaf G. & Janssen H., 1996, Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan Africa, a hand book, FAO Fisheries technical paper 71 p
8. Degani G., Dosoretz C. & Levanon D., 1989, The influence of cow manure on growth rates of *Oreochromis aureus* and *Clarias lazera* in Israel small outdoor tanks.
9. De Kimpe & Micha J.-C., 1974, First guidelines for the culture of *Clarias lazera* in Central Africa, *Aquaculture*, 4, 227-248.
10. Ducarme C. & Micha J.-C., 2003, Techniques de production intensive du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*. *Tropicultura*, 21, 4, 189-198
- 10'. FAO, 2004, FAO Yearbook. Fishery Statistics. Aquaculture production 2002. Volume 94/2, Rome.
11. Haylor G.S., 1991, Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell, '1822): growth and survival of fry at high stocking density. *Aquaculture and Fisheries Management*, 22, 405-422.

12. Haylor G.S., 1992, Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): growth and survival of larvae at high stocking density. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23, 303-314.
13. Hecht T., 1981, Rearing of sharptooth catfish larvae (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822, Clariidae) under controlled conditions. *Aquaculture*, 24, 301- 308.
14. Hecht T. & Appelbaum S., 1988, Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of Zoology* (London), 214, 21-44.
15. Hecht T. & Pienaar A.G., 1993, A review of cannibalism and its implication in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24, 246-261.
16. Hecht T., Oellennann L. & Verheust L., 1996, Perspectives on clariid catfish culture in Africa. *Aquatic Living Resources*, 9 Hors série, 197-206.
17. Hogendoorn H. & Vismans M.M., 1980, Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). Artificial reproduction. *Aquaculture*, 21, 39-59.
18. Hogendoorn H., 1980, Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). Feeding and growth of fry. *Aquaculture*, 21, 233-241.
19. Hogendoorn H., Lansen J.A.J., Koops W.I., Machiels M.A.M., Van Ewijk P.H. & Van Hess J.P., 1983, Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera* (C & V). II. Effects of body weight, temperature and feeding level in intensive tank culture. *Aquaculture*, 34, 265-285.
20. Hossain M.A.R., Beveridge M.C.M. & Haylor G.S., 1998, The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings. *Aquaculture*, 160, 251-258.
21. Hossain M.A.R., Haylor G.S. & Beveridge M.C.M., 2001, Effect of feeding time and frequency on the growth and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 32, 999-1004.
22. Kaiser H., Weyl O. & Hecht T., 1995, Observations on agonistic behaviour of *Clarias gariepinus* larvae and juveniles under different densities and feeding frequencies in a controlled environment. *Journal of Applied Ichthyology*, II, 25-36.
23. Kestemont P., Jourdan S., Houbart M., Mèlard C., Paspatis M., Fontaine P., Cuvier A., Kentouri M. & Baras E., 2003, Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 227, 333-356.

S. Rukera Tabaro, Rwandais, Diplôme d'Etudes Spécialisées en Aquaculture, Assistant à la faculté d'Agronomie de l'Université Nationale du Rwanda et Responsable de la Station Piscicole de Rwasave/UNR, Butare, Rwanda.

J.-C. Micha, Belge, Diplôme de Docteur en Sciences, Professeur aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (FUNDP) à Namur, Belgique.

C. Ducarme, Belge, Diplôme de licence en Sciences biologiques, Directeur de la Société Aquafarm à Tihange, Belgique.

NOTES TECHNIQUES
TECHNICAL NOTES

TECHNISCHE NOTA'S
NOTAS TECNICAS

Apport des arbres fruitiers à la sécurité alimentaire en milieu urbain tropical: cas de la commune de Limete-Kinshasa, République Démocratique du Congo

E. Makumbelo¹, J.J. Paulus¹, N. Luyindula³ & L. Lukoki²

Keywords: Tropical fruits- Fruit trees- Urban agriculture- Food security

Résumé

Les problèmes de sous-alimentation et de malnutrition en milieu urbain poussent les populations à exploiter toutes les ressources alimentaires disponibles. Ce travail s'intéresse à la contribution au régime alimentaire de la population des fruits comestibles produits par les 19 espèces d'arbres trouvés à Kinshasa. Une enquête réalisée dans 1,09% des 18.475 parcelles de la commune de Limete a permis d'estimer à environ 47.000 pieds le nombre d'arbres plantés dans celles-ci et leur production annuelle à environ 4.087 tonnes. Les six espèces majeures (Mangifera indica, Persea americana, Elaeis guineensis, Carica papaya, Dacryodes edulis et Musa paradisiaca) comptent à elles seules pour un total approximatif de 36.400 pieds. La contribution de ces espèces à l'alimentation de la population a été estimée respectivement à 10,9 g; 6,1 g; 4,5 g; 4,4 g; 1,8 g et 0,6 g de fruits par personne et par jour. La maîtrise de certaines écotechniques et l'éducation environnementale relative aux «arbres en ville» devraient accroître l'importance de cette contribution.

Summary

Fruit Trees Contribution to Food Security in Tropical Urban Environment: Instance of Commune of Limete in Kinshasa- Democratic Republic of Congo

Problems of hunger and malnutrition in urban environments force the populations to exploit all the food resources available. This work investigates the contribution to the diet of the population of the edible fruits produced by the 19 species of trees found in a district of Kinshasa. An investigation carried out in 1.09% of the 18,475 household plots of the commune of Limete permitted to estimate at approximately 47,000 feet the number of trees planted there and their annual production at approximately 4.087 tons. The six main species (Mangifera indica, Persea americana, Elaeis guineensis, Carica papaya, Dacryodes edulis and Musa paradisiaca) account on their own for an approximate total of 36,400 feet. The contribution of these species to the population alimentation was estimated respectively at 10.9 g, 6.1 g, 4.5 g, 4.4 g, 1.8 g and 0.6 g of fruits per person and per day. The control of certain environmental-friendly techniques and environmental education relating to the trees in urban environment should increase the importance of this contribution.

Introduction

L'arboriculture fruitière dans les périmètres maraîchers comme dans les parcelles d'habitation est une des activités qui permet de contribuer à la disponibilité alimentaire des ménages à Kinshasa (12). En même temps, elle permet de concilier la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans son environnement immédiat au service du développement de la population. Ce qui rencontre le souci de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses Ressources) et de la conférence de Rio (4,18). Les objectifs que s'est fixée, en avril

1987, la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (3) ne font que le confirmer.

Grand nombre de fruits tropicaux possèdent une valeur nutritive particulièrement appréciable. Leur apport significatif en calories, en protéines, en divers sels minéraux utiles à l'organisme et en vitamines explique leur intérêt (5, 6, 7, 11, 17).

Peu de recherches ont été menées à Kinshasa pour déterminer la quantité des fruits produits par ces plantes mises en culture dans la ville.

¹ONG JEEP, Projet biofertilisants- Amont JEEP, B.P. 114, Kinshasa XI, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo.

²Faculté des Sciences, B.P. 190, Kinshasa XI, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo.

³Division des Sciences de la vie, Département de Microbiologie, Centre Régional d'Etudes Nucléaires- CREN-K, B.P. 868, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

Reçu le 19.09.03. et accepté pour publication le 09.12.04.

L'objectif du présent travail est de déterminer la contribution en fruits des arbres plantés ou entretenus dans les parcelles de la commune de Limete, dans la disponibilité alimentaire individuelle et journalière de la population de cette commune.

Matériel et méthodes

Selon notre relevé, la commune de Limete a 18.475 parcelles. Ayant adopté une fraction de sondage de 1/80 (1,25%), notre enquête a porté sur 230 parcelles. Ce nombre fut ramené à 201 parcelles car 29 d'entre elles, pour différentes raisons, n'ont pas accueilli l'enquêteur (10).

Nous avons procédé par dépouillement bibliographique et enquête de terrain. Une étude bibliographique sommaire nous a permis de repérer quelques publications concernant les arbres fruitiers de la ville de Kinshasa, d'une part, et la production fruitière de ces arbres d'autre part. Pauwels a édité en 1982 et 1993, respectivement, un inventaire complet des espèces rencontrées dans les environs de Kinshasa (14) et un guide d'identification des arbres et arbustes de la région de Kinshasa- Brazzaville (15). Des chercheurs de l'ONG «Jardins et élevages de parcelle» (JEEP/Kinshasa) ont publié les résultats de deux enquêtes. Celle de 1988, plus détaillée, avait touché certains quartiers des six communes de la ville (16). En 1989, ils ont ajouté à cet échantillon deux quartiers dont Kingabua dans la commune de Limete (8). La commission interministérielle (12), dans son Plan d'action triennal 1998/2000 pour la ville de Kinshasa, a publié quelques estimations sur ces arbres fruitiers.

L'évaluation de la quantité annuelle de fruits produits est rendue possible par la connaissance des quantités moyennes annuelles en fruits par espèces fournies par la littérature (1, 19, 20, 21). Elle est calculée suivant la formule:

$$Q_{ae} = np_{ae} \cdot q_{ae} \text{ où}$$

Q_{ae} = quantité moyenne annuelle en fruits produits par espèce, dans les parcelles enquêtées;

np_{ae} = nombre de pieds d'arbre par espèce en âge de production dans les parcelles enquêtées;

q_{ae} = quantité moyenne annuelle de la production fruitière par arbre et par espèce (Tableau 1, colonne 1).

La disponibilité en fruits par espèce, par personne et par jour est obtenue par la formule:

$$D_{pj} = \frac{Q_{ae}}{P \cdot enq \cdot x_p \cdot P \cdot t}$$

D_{pj} = disponibilité en fruits quotidienne par personne et par espèce;

Q_{ae} = quantité moyenne annuelle en fruits produits par espèce, dans les parcelles enquêtées;

$P \cdot enq$ = nombre des parcelles enquêtées;

$X_p \cdot P$ = population moyenne par parcelle de la commune, soit 15,6;

t = nombre de jours de l'année; soit 365,25 jours.

L'extrapolation de la quantité des fruits produits au niveau de toute la commune est effectuée sur base du pourcentage des parcelles concernées par l'enquête, soit 1,09%.

Les données des tables de composition alimentaire (5, 6, 7, 11) reprises dans le tableau 1, colonnes II et IV, ont permis de calculer la disponibilité en poids consommable et en calories.

Par ailleurs, une enquête de terrain a été effectuée à travers la commune de Limete.

Le passage à domicile permet d'inventorier systématiquement les espèces fruitières, le nombre de pieds pour chaque espèce déjà en production ou non.

Notons que dans les lignes qui suivent les espèces *Musa paradisiaca* L., *Carica papaya* L. et *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* seront assimilées aux arbres fruitiers bien que les botanistes ne les considèrent pas comme tels. Nos arbres fruitiers se caractérisent par la taille et le port de fruits comestibles.

Les espèces les plus représentées et fournissant au moins ¼ des pieds en production, considérées comme espèces majeures, seront seules étudiées pour leur contribution à la disponibilité alimentaire au niveau de la commune. Les autres (espèces mineures) ne seront examinées que pour leur apport aux habitants des parcelles qui en possèdent effectivement.

Du point de vue sociologique, à Kinshasa, l'arbre dans la parcelle est propriété d'un ménage mais la jouissance de sa production est le plus souvent concédée à tous les occupants de la parcelle.

Notre questionnaire a visé spécialement à connaître le nombre des personnes par parcelle ainsi que le niveau de maturité des arbres rencontrés.

Résultats

Nombre moyen de personnes et de ménages par parcelle

L'enquête a révélé qu'une parcelle comptait en moyenne 15,6 habitants et 1,96 ménages.

Nombre d'arbres fruitiers

Dans les 201 parcelles enquêtées, on a identifié 19 espèces d'arbres fruitiers (Tableaux 3 et 4) avec un

Tableau 1
Production, proportion consommable et teneurs en calories des fruits des 19 espèces inventoriées

Espèces	I		II		III		IV		V
	Production moyenne annuelle des fruits par pied (en kg)	(1, 19, 20, 21)	Proportion consommable en % par fruit (6)	Quantité consommable en fruits par an par pied (en kg)	Kcal pour 1 kg de partie comestible (5, 6, 7, 11)	Apport annuel en calories par pied (en Kcal)			
<i>Cocos nucifera</i> (cocotier)	524		70	366,8	3.530	129.480			
<i>Artocarpus incisa</i> L.f var. <i>non seminifera</i> (arbre à pain)	300-350		50	150	850	127.500			
<i>Mangifera indica</i> (manguier)	100-120		64	64	650	41.600			
<i>Citrus reticulata</i> (mandarinier)	97		72	69,8	480	33.504			
<i>Elaeis guineensis</i> (palmier à huile)	87,5		60	52,5	5.400	283.500			
<i>Carica papaya</i> (papayer)	86		74	63,6	320	20.352			
<i>Persea americana</i> (avocatier)	80-88		60	48	1.590	76.320			
<i>Citrus limon</i> (citronnier)	71		36	25,6	290	7.424			
<i>Eugenia malaccensis</i> (pomme rouge)	70-80		75	52,5	300	15.225			
<i>Dacryodes edulis</i> (saifoutier)	70 (*)		50	35	2.630	92.050			
<i>Citrus sinensis</i> (oranger)	64		72	46,1	300	13.830			
<i>Terminalia catappa</i> (badamier)	31-35 (*)		50	15,5	3.760	58.280			
<i>Flacourtia ramontchi</i> (prunier de Madagascar)	30 (*)		49	14,7	1.040	15.288			
<i>Musa paradisiaca</i> (bananier commun)	20		68	13,6	830	11.288			
<i>Musa sapientum</i> (bananier Plantain)	20		60	12	1.270	15.240			
<i>Psidium guayava</i> (goyavier)	19		81	15,4	720	11.088			
<i>Theobroma cacao</i> (cacaoyer)	18,5-36 (1, **)		25	4,6	--	--			
<i>Annona reticulata</i> (cœur de bœuf)	15		66	9,9	670	6.633			
<i>Passiflora edulis</i> (maracouja)	7,25-12,7 (*)		53	3,8	540	2.052			

* déclarations jugées raisonnables des détenteurs de ces espèces, ** (1) confirmé par notre quantification

Tableau 2
Nombre d'espèces par parcelle de tous les arbres fruitiers inventoriés productifs ou non

Strates et entités	Parcelles enquêtées	Regroupement des parcelles par nombre d'espèces s'y trouvant							Parcelles ayant au moins un pied	%
		0	1	2	3	4	5 et plus	Total		
L. résidentiel, L. industriel, K. industriel	17	2	7	0	4	4	0	15	88,2	
K. yaunde, K. village	12	0	2	2	2	6	0	12	100,0	
Mombele	8	0	0	4	1	3	0	8	100,0	
Salongo industriel	2	0	0	0	2	0	0	2	100,0	
Mbam, Nzadi, Mayulu, Salongo non industriel	53	5	6	11	13	18	0	48	90,6	
Musoso, Mateba, Mfumu N'vula, Agricole, Général Masiala	63	6	19	10	12	16	0	57	90,5	
K. mandrandele	7	0	1	1	3	2	0	7	100,0	
Ndanu non industriel, Maman Nzenze, Bobozo, K. pêcheur	39	5	11	12	7	4	0	34	87,2	
Total	201	18	46	40	44	53	0	183	--	
%	100	9,0	22,9	19,9	21,9	26,4	0,0	--	91,0	

total de 764 pieds dont 514 en âge de production. Parmi ces derniers, 397 (77%) appartiennent aux six espèces majeures, 125 manguiers (*Mangifera indica* L.), 87 avocats (*Persea americana* Mill.), 59 palmiers à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.), 59 papayers (*Carica papaya* L.), 37 bananiers (*Musa paradisiaca* L.) et 30 safoutiers (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam). Par extrapolation, on peut affirmer que la commune dispose dans ses 18.475 parcelles de : 11.468 manguiers, 7.982 avocats, 5.413 palmiers à huile, 5.413 papayers, 3.394 bananiers et 2.752 safoutiers (Tableau 3). Les autres 117 pieds inventoriés (23%), qui par extrapolation en donnent 10.735 (Tableau 4) appartiennent aux 13 espèces mineures. Il s'agit de *Annona reticulata* L. ou vrai cœur de bœuf (1927), *Citrus limon* (L.) Burn. ou citronnier (1743), *Eugenia malaccensis* L. ou pommier rouge (1743), *Citrus sinensis* ou oranger commun (1193), *Terminalia catappa* L. ou badamier (1101), *Cocos nucifera* ou cocotier (1009), *Flacourtia ramontchi* L'Herit. ou prunier de Madagascar (642), *Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera* ou arbre à pain (458), *Psidium guajava* L. ou goyavier (459), *Citrus reticulata* Blanco ou mandarinier (183), *Musa sapientum* L. ou banane plantain (92), *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* ou maracuja (92) et *Theobroma cacao* L. ou cacaoyer (92).

Nombre d'espèces par parcelle

Cent quatre-vingt-trois parcelles, soit 91% des parcelles enquêtées (Tableau 2) ont au moins une espèce d'arbre fruitier; 20 parcelles, soit 10% de l'échantillon total, ont au moins 4 des 6 espèces majeures. Par contre 18 parcelles (9%) sont complètement dépourvues d'arbres fruitiers.

Toutes les parcelles (100%) des entités Salongo industriel, Mombele, Agricole, Général Masiala, Kingabwa Mandrandele, Kingabwa Yaundé et Kingabwa pêcheur (Tableau 2) possèdent au moins un arbre fruitier. Une de nos enquêtes sur la situation de «l'arbre en ville» (10) a déjà montré que ces mêmes entités ont aussi les plus hautes moyennes en pieds d'arbres fruitiers par parcelle, soit de 5,7 (Salongo industriel) à 16 (Kingabwa Mandrandele).

Pour *Terminalia catappa*, Pauwels (15) et autres (9) ne le citent pas comme arbre fruitier mais comme arbre d'avenue en mentionnant toutefois que ses graines et fruits sont consommés.

Production en fruits

La production annuelle en fruits des 6 espèces majeures (Tableau 3) est estimée à 32,5 tonnes dans nos 201 parcelles soit, par extrapolation 2.985 tonnes pour l'ensemble de la commune.

De même, la production des 13 espèces mineures est de 12 tonnes, ce qui, par extrapolation, donnent

1.101,6 tonnes pour tout Limete (Tableau 4). Les espèces *Cocos nucifera* (528,8 t) et *Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera* (137,6t) à elles seules assurent plus de 60% de cette production.

Disponibilité en fruits

Pour les six espèces majeures, la situation se présente comme suit, *Mangifera indica*; 1 pied pour 2 parcelles; *Persea americana*, 1 pour 3 parcelles; *Elaeis guineensis* et *Carica papaya*, 1 pour 4 parcelles; *Musa paradisiaca*, 1 pour 7 parcelles et *Dacryodes edulis*, 1 pour 8 parcelles.

Les parcelles pourvues d'arbres fruitiers en âge de production n'en possèdent le plus souvent qu'un seul pied par espèce, rarement 2, exceptionnellement 3 et jamais d'avantage.

Pour les 13 espèces mineures aucune parcelle ne possède 3 arbres de la même espèce.

Pour l'ensemble et dans la grande majorité des cas, les espèces présentes ne sont représentées que par un seul pied par parcelle (Tableau 3). Les 6 espèces majeures contribuent à la disponibilité alimentaire moyenne et quotidienne en fruits par personne de ces 201 parcelles enquêtées à hauteur de 10,9 g (4,54 Kcal); 6,1 g (5,82 Kcal); 4,5 g (14,58 Kcal); 4,4 g (1,04 Kcal); 1,8 g (2,37 Kcal) et 0,6 g (0,34 Kcal) respectivement pour *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Elaeis guineensis*, *Carica papaya*, *Dacryodes edulis* et *Musa paradisiaca*.

La population des parcelles ayant effectivement un pied de ces arbres dispose en moyenne respectivement de 18,3 g (7,6 Kcal); 14,4 g (13,7 Kcal); 16,5 g (53,4 Kcal); 19,8 g (4,7 Kcal); 12,7 g (6,4 Kcal) et 4,1 g (2,3 Kcal).

Les habitants des parcelles disposant de soit, 3 *Carica papaya* soit de 2 *Mangifera indica* ou *Elaeis guineensis* disposent effectivement de 45,28 g (10,7 Kcal); 35,1 g (14,60 Kcal); 30,71 g (99,52 Kcal).

Quant aux parcelles où les 13 espèces les moins représentées sont plantées, *Cocos nucifera* et *Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera* viennent en tête avec respectivement une disponibilité moyenne de 92 g (227,2 Kcal) et 52,7 g (22,4 Kcal) par jour et par personne (Tableau 4).

Discussion

Les parcelles résidentielles des villes africaines disposent très souvent d'une végétation introduite à but utilitaire (8, 12, 13, 14, 15, 16). A Limete, cette enquête a permis de trouver la présence de 19 espèces d'arbres fruitiers dans 91% des parcelles. Nos résultats extrapolés montrent que 36.422 pieds d'arbres fruitiers des 6 espèces majeures et 10.732 pieds des 13 espèces mineures sont plantés dans

Tableau 3
Quantité de fruits produits et disponibilité quotidienne en fruits par habitant de la commune pour les 6 espèces majeures

Espèces	Nombres de pieds en production par espèce				Production en tonnes				Disponibilité alimentaire moyenne par personne et par jour, des habitants de la commune												
	Sur 514 pieds inventoriés				Des arbres inventoriés dans l'échantillon				En grammes				En Kcal								
	Par extrapolation dans l'ensemble des parcelles de la commune		Par extrapolation dans l'ensemble des arbres de la commune		Par extrapolation dans l'ensemble des arbres de la commune		Dans les parcelles ayant ces espèces		Par extrapolation dans l'ensemble des parcelles		Dans les parcelles ayant ces espèces		Par extrapolation dans l'ensemble des parcelles								
	1 pied	2 pieds	3 pieds	Total	1 pied	2 pieds	3 pieds	Total	1 pied	2 pieds	3 pieds	Total	1 pied	2 pieds	3 pieds	Total					
<i>Mangifera indica</i>	115	5	0	125 [24,3]	11,468	11,50	1,000	-	12,500	1,146,789	17,55	35,10	-	18,28	10,9	7,30	14,60	-	7,61	4,54	
<i>Persea americana</i>	83	2	0	87 [16,9]	7,982	6,640	0,320	-	6,960	638,532	14,04	28,08	-	14,37	6,1	13,39	26,79	-	13,71	5,82	
<i>Elaeis guineensis</i>	51	4	0	59 [11,5]	5,413	4,463	0,700	-	5,163	473,670	15,36	30,71	-	16,47	4,5	49,79	99,52	-	53,35	14,58	
<i>Carica papaya</i>	33	10	2	59 [11,5]	5,413	2,838	172,0	0,516	5,074	465,505	15,09	30,19	45,28	19,79	4,4	3,57	7,15	10,72	4,68	1,04	
<i>Musa paradisiaca</i>	28	3	1	37 [7,2]	3,394	0,560	0,120	0,60	0,740	67,890	3,51	7,02	10,53	4,06	0,6	1,98	3,96	5,94	2,29	0,34	
<i>Dacryodes edulis</i>	28	1	0	30 [5,8]	2,752	1,96	1,96	-	2,100	192,661	12,29	24,57	-	12,71	1,8	6,15	12,29	-	6,36	2,37	
	338 [92]	25 [7]	3 [1]	397 [77,2]	27,96	4,000	0,576	32,537 [7]	2,985,04 [7]												

Légende: [] % du total des pieds

Tableau 4
Quantité de fruits produits et disponibilité quotidienne en fruits par habitant de la commune pour les 13 espèces mineures

Espèces	Nombres de pieds en production par espèce				Production en tonnes			Disponibilité alimentaire moyenne par personne et par jour, des habitants de la commune							
	Sur 514 pieds inventoriés				Des arbres inventoriés dans l'échantillon			Par extrapolation dans l'ensemble des arbres de la commune		En gramme		En Kcal			
	1 pied	2 pieds	3 pieds	Total	1 pied	2 pieds	Total	1 pied	2 pieds	Total	1 pied	2 pieds	Total		
	Par extrapolation dans l'ensemble des 18,475 parcelles de la commune				Total			Total		Total		Total			
<i>Annona reticulata</i>	21	0	0	21 [4,1]	1.927		0,315			28,905			2,63		1,17
<i>Citrus limon</i>	19	0	0	19 [3,7]	1.743		1,349			123,761			12,46		1,30
<i>Eugenia malaccensis</i>	15	2	0	19 [3,7]	1.743		1,330			122,018			-		-
						1,05	0,28	96,33	25,69	12,29	24,57	2,76	5,57		2,43
<i>Citrus sinensis</i>	13	0	0	13 [2,6]	1.193		0,832			76,330			11,23		
<i>Terminalia catappa</i>	8	2	0	12 [2,3]	1.101		0,372			34,128			-		-
						0,248	0,124	22,75	11,37	91,96	10,88	10,23	20,45		227,23
<i>Cocos nucifera</i>	7	0	0	7 [1,4]	642		0,210			19,266			5,27		2,68
<i>Flacourtia ramoutchi</i>	5	0	0	5 [1,0]	459		1,500			137,615			52,65		22,38
<i>Artocarpus incisa</i> L.f. var non <i>seminifera</i>	5	0	0	5 [1,0]	459		0,095			8,716			3,33		1,94
<i>Psidium guajava</i>	2	0	0	2 [0,4]	183		0,194			17,798			17,02		5,88
<i>Citrus reticulata</i>	1	0	0	1 [0,2]	92		0,020			1,835			3,51		2,68
<i>Musa sapientum</i>	1	0	0	1 [0,2]	92		0,007			0,642			1,23		0,35
<i>Passiflora edulis</i>	1	0	0	1 [0,2]	92		0,019			1,743			3,33		-
<i>Theobroma cacao</i>															
Total %		117 [22,8]	10,735	109 [93,2]	4 [3,5]	0 [0,0]	12,007	1.101,564							
Totaux généraux (tableau 3 et 4)		514 [100]	47.157	447	29	3	44.544	4.086,611							

l'ensemble des parcelles de la commune. Ce qui correspond assez bien aux résultats des inventaires et études antérieures tels que résumés ci-dessous: Kabeya *et al.* (8) citent les 5 espèces suivantes comme les plus représentées parmi les 35 espèces fruitières inventoriées. Ils ont trouvé 1.599 pieds de *Mangifera indica* dans 885 parcelles, 930 de *Persea americana* dans 615 parcelles, 567 d'*Elaeis guineensis* dans 405 parcelles, 199 de *Terminalia catappa* dans 179 parcelles et au moins un pied de *Carica papaya* dans 467 parcelles des 2.526 parcelles de leur échantillon. Nous retrouvons là 4 de nos 6 espèces majeures.

Les résultats d'une enquête préliminaire dans 1987 parcelles de la ville de Kinshasa (16) montre que *Mangifera indica* suivi de *Persea americana* sont les plus représentées dans les 6 sites enquêtés sauf à Kinshasa-Zone où *Terminalia catappa* renvoie *Persea americana* en 3^{ème} position. En 3^{ème} et 4^{ème} positions se retrouvent surtout *Elaeis guineensis* et *Terminalia catappa*. Nous retrouvons cette fois 3 de nos espèces majeures en position de tête.

Ces deux inventaires (8, 16) ont trouvé 18 de nos 19 espèces, *Citrus sinensis* manquant seul à l'appel, ainsi que 18 autres espèces dont *Anacardium occidentale*, *Artocarpus incisa* var. *seminifera*, *Aporosa carambola*, *Citrus aurantium*, *C. grandis*, *Eugenia jambos*, *Spondias cytherea*.

Nos espèces majeures, à l'exception de *Musa paradisiaca* se trouvent parmi les 29 espèces fruitières citées par Pauwels (15) comme arbres communs ou moins communs en milieu moderne et en milieu coutumier de la région de Kinshasa. Quant à nos 13 espèces mineures, 8 sont aussi mentionnées par le même auteur (14, 15).

La commission interministérielle (12) de son côté estime que l'on trouve un pied de *Mangifera indica* et un pied de *Persea americana* dans chaque parcelle, un pied de *Dacryodes edulis* dans une parcelle sur 3 à Kinshasa. Ces estimations semblent ne pas correspondre à la réalité du terrain à Limete. Nous avons trouvé pour ces 3 espèces respectivement 60%, 42% et 14% des parcelles enquêtées. Nos résultats montrent aussi que *Dacryodes edulis* ne se situe qu'en 6^{ème} position. Dans les enquêtes de 1988/1989, il ne figurait jamais non plus en 3^{ème} position (8, 16).

Les productions en fruits figurant dans notre étude sont calculées sur base des quantités moyennes reprises dans la littérature (1, 12, 19, 20, 21). Celle-ci reste hélas muette sur les quantités moyennes en fruits récoltés à Kinshasa. En matière de consommation, une étude de B.E.A.U (2) signale la régression, à Kinshasa et dans les grandes villes de la République Démocratique du Congo, de la quantité consommée en fruits par personne et par jour de 21 g à 8,8 g de 1969 à 1986. Alors que notre étude montre une disponibilité moyenne et journalière en fruits par personne de 38,89 g.

Conclusion

Avec une modeste production de 4.087 tonnes de fruits par an dans la commune de Limete, «l'arbre en ville» contribue relativement peu à l'augmentation de la sécurité alimentaire des populations urbaines.

Prise isolément, cette disponibilité moyenne peut paraître faible. Mais considérée comme un apport en calories et bien entendu, en vitamines et en sels minéraux quasi gratuits pour les occupants des parcelles ayant des arbres fruitiers et concentré sur quelques mois seulement, elle constitue une contribution saisonnière annuelle significative.

Classées en ordre décroissant, les productivités fruitières des espèces *Cocos nucifera*, *Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera*, *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Elaeis guineensis*, *Citrus* sp. et *Carica papaya* sont les plus intéressantes trouvées dans les parcelles d'habitation de Limete.

Les espèces *Cocos nucifera*, *Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera* et *Mangifera indica* produisent plus de 100 kg de fruits par pied et par an. Malheureusement les deux premières sont, jusqu'à présent, peu représentées dans les parcelles. La vulgarisation agricole pourrait veiller à leur diffusion. On donnera la préférence au cocotier de petite taille par rapport à celui de grande taille pour prévenir le danger des chutes de fruits ou même d'arbres. La plantation de *Persea americana*, *Elaeis guineensis*, *Carica papaya*, *Citrus limon*, *Eugenia malaccensis*, *Dacryodes edulis* (70 kg et plus par pied et par an) mérite aussi d'être encouragée.

Les personnes qui possèdent soit un pied de *Cocos nucifera*, ou d'*Artocarpus incisa* L.f. var. *non seminifera*, soit deux pieds de *Dacryodes edulis*, de *Mangifera indica*, ou d'*Elaeis guineensis*, soit trois pieds de *Carica papaya* disposent, en moyenne annuelle, de plus de 24,5 g de fruits par jour soit plus de 14 g de partie consommable. Il n'est pas rare de rencontrer plusieurs espèces en production dans la même parcelle. C'est sans doute là le modèle à promouvoir.

Les lacunes observées dans la littérature existante sur «l'arbre en ville» en R.D. Congo nécessitent l'intensification de la recherche sur la productivité en fruits et les pourcentages des parties consommées selon les habitudes locales.

Les écotechniques de multiplication, d'amélioration de la production, de la transformation et de la conservation mériteraient davantage d'attention de la part des arboriculteurs. La recherche veillera à la multiplication végétative des variétés améliorées ou sélectionnées, la quantification de la production par espèce et la détermination des meilleures conditions édaphiques.

L'éducation environnementale relative à «l'arbre en ville» attirera l'attention de la population sur l'intérêt à accorder à l'arbre fruitier dans les écosystèmes urbains comme dans l'agriculture urbaine.

La vulgarisation agricole stimulera la plantation des espèces les plus productives. Cet objectif sera

d'autant plus facilement atteint que les grands centres pépiniéristes traditionnels de Kisantu et de Mvuazi seront redynamisés et leur production à nouveau disponible sur le marché de Kinshasa. Mais comme cette ville est si grande (6 millions d'habitants), il reste encore bien de la place pour d'autre pépinière à y créer ...

Références Bibliographiques

- Anonyme, 1989, Mémento de l'Agronome, 3^{ème} éd. Techniques rurales, Paris, pp. 608-679.
- Bureau d'Etudes, d'Aménagement et d'Urbanisme – B.E.A.U, 1986, Consommation de produit vivrier à Kinshasa et dans les grandes villes du Zaïre, Kinshasa, p. 6.
- Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, 1988, Notre avenir à tous, Ed. du Fleuve. Les publications du Québec. Canada, pp. 154-155.
- Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement – CNUED, 1993, Action 21, Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. Déclaration des principes relatifs aux forêts. Nations Unies. New York, pp. 111-114.
- Degroote V.A., 1970, Table de composition alimentaire pour la République Démocratique du Congo. Concordia, Kinshasa, pp. 21-25.
- Favier J.C., Ripert J.I., Laussucq C., Feinberg M. & Ciquel, CNVA, 1993, Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique – Répertoire général des animaux, Tome 3. Ed. ORSOM, TEC DOC, INRA, Paris, pp. 5-185.
- F.A.O., 1970, Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. Document sur la nutrition 3, F.A.O. Rome, Italie, pp. 81-97.
- Kabeya M., Landu L., Kizika K. & Paulus J., 1994, Inventaire de la flore domestique des parcelles d'habitation. Cas de Kinshasa (Zaïre). Revue Méd. Pharm. Afr. 1994, vol. 8,1, 55-68.
- Liben L., 1968, Flore du Congo, du Rwanda et du Burundi. Spermatophytes. Combatacées. Jardin botanique national, Bruxelles, p.102.
- Makumbelo E, Lukoki L., Paulus J. sj. & Luyindula N., 2002, Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain. Cas de la commune de Limete, Kinshasa, R.D. Congo, Tropicultura, 20, 2, 89-95.
- Mbemba F. & Remacle J., 1992, Inventaire et composition chimique des aliments et denrées alimentaires traditionnelles du Kwango-Kwilu au Zaïre. Presses Universitaires de Namur, Belgique, pp. 55-56.
- Ministères: Plan, Agriculture et Elevage, Education Nationale, Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme/PNUD/UNOPS, 1998, Sécurité alimentaire, production et commercialisation, ville de Kinshasa, plan d'action triennal (1998-2000), pp. 45-46, 297.
- Paulus J. sj., Kabeya M., Mutuba N., Musibono E. & Mbemba F., 1991, Rôle des jardins et élevages de parcelle dans l'alimentation urbaine: le cas de Kinshasa, in: Daniel Lemonier, Yves Ingenbleek et Philippe Hennart. Alimentation et nutrition dans les pays en développement. 4^{ème} journée scientifique internationale du GERM-SPA (Belgique), 23-29 avril 1989, Edition KARTHALA, ACCT et AUPELF, Paris et Montréal pp. 45-49.
- Pauwels L., 1982, Plantes vasculaires des environs de Kinshasa. Ed. Luc Pauwels, 14, av. G. Vandersmissen, 1040 Bruxelles, p.121.
- Pauwels L., 1993, N'zayilu Nti, guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville. Ed. Jardin botanique national de Belgique. Meise, Belgique, pp. 9-16.
- Projet «Jardins et élevages de parcelle», 1988, Rapport d'enquête. Inédit. Kinshasa, 17 p. + 2 annexes.
- Sachs I., Bergeret A., Shiray A., Sigal S., Thery D. & Vinaver K., 1981, Initiation à l'écodéveloppement. Privat, Toulouse, pp. 13-15.
- Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses Ressources– UICN, 1980, Stratégie mondiale de la conservation. La conservation des ressources vivantes au service du développement durable. Section I, Ed. UICN, PNUE, WWF, Gland Suisse.
- Tezenas du Montcel H., 1985, Le bananier plantain. Ed. Maisonneuse et Larose, Paris, pp. 55-134.
- Van Den Abeele M. & Vandenput R., 1956, Les principales cultures du Congo belge. 3^{ème} éd. Bruxelles, pp. 233-846.
- Vandenput R., 1981, Les principales cultures en Afrique Centrale, Vandenput R. Editeur, Bruxelles- Belgique, pp. 587-1050.

E. Makumbelo, Congolais, Candidat au D.E.S. en Gestion de l'environnement, Diplôme spécial (D.S.) en Gestion de l'Environnement, Chercheur au Projet Biofertilisants-Amont-J.E.E.P., B.P114, Kinshasa XI, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo.

J.J. Paulus sj, Belge, Docteur en Sciences, Professeur à l'Université de Kinshasa, Département de l'Environnement, Directeur de l'ONG J.E.E.P et Coordonnateur. Amont- J.E.E.P, Faculté des Sciences, B.P. 114, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

N. Luyindula, Congolais, Docteur en Sciences, Directeur de Recherche au Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa, Division des Sciences de la vie, Département de Microbiologie, Professeur à l'Université de Kinshasa, B.P. 868, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

L. Lukoki, Congolais, Docteur en Sciences Agronomiques, Professeur à l'Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, B.P. 190, Kinshasa XI, République Démocratique du Congo.

LES ACTIONS DE LA DGCD DGCD'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Dans le domaine de la coopération universitaire, la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) finance directement des actions via le Conseil Interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF) et le Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR). Ces actions concernent principalement l'appui institutionnel à des Universités des pays en développement et la réalisation de projets plus ciblés sur le terrain dont le but final est d'améliorer les conditions de vie des populations de ces régions. Nous présentons dans ce numéro une action réalisée grâce au support du CIUF à Madagascar.

Madagascar-Etude de la croissance postmétamorphique de l'*Holothurie scabra*: optimisation de la phase de croissance épibionte

Les holothuries (concombres de mer) appartiennent au Phylum des Echinodermes, au même titre que les crinoïdes, les étoiles de mer, les oursins et les ophiures.

On recense plus d'une trentaine d'espèces d'holothuries comestibles dans tout l'Indo-Pacifique, la plus communément exploitée étant l'*Holothuria scabra*, espèce benthique caractéristique des fonds meubles des lagons. Autrefois commune mais devenue rare en raison de son exploitation sauvage, elle est répartie dans tout l'Indo-Pacifique, des côtes de l'Afrique jusqu'à Tahiti. Cette variété se retrouve à de faibles profondeurs (entre 0 et 5 m).

L'*Holothurie scabra* est l'objet d'un commerce très lucratif sur les marchés asiatiques. Elle est pêchée de nos jours dans tout l'Indo-Pacifique ce qui a pour conséquence une raréfaction des prises due à la surpêche. Il s'agit encore aujourd'hui d'une activité traditionnelle qui consiste le plus souvent en la collecte des individus (ramassage) à marée basse sur le récif, suivie du traitement par séchage.

L'exploitation de ces concombres de mer constitue une rentrée non négligeable d'argent pour les populations côtières. La disparition à terme de cette ressource risque d'avoir un impact considérable sur l'emploi de l'ensemble des communautés de pêcheurs et donc sur la vie économique de l'Indo-Pacifique. De plus, les adultes d'*H. scabra* constituent, avec d'autres espèces d'holothuries littorales (certaines également exploitées), les principaux macro-détritivores des zones littorales tropicales. Leur extinction, en raison de la surpêche, risque d'entraîner un déséquilibre des écosystèmes côtiers.

Pour pallier la disparition progressive de l'espèce, un projet d'holothuriculture est né à Tuléar (Madagascar), à l'initiative du Pr. Jangoux et financé par la Commission Universitaire pour le Développement (C.U.D.). Ce projet associe l'Université Libre de Bruxelles, l'Université de Mons-Hainaut et l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IH.SM) de l'Université de Tuléar. Il vise le développement d'une technique aquacole/maricole de grossissement d'individus produits en éclosure.

Le travail que j'ai réalisé à Madagascar porte sur les épisodes de croissance de l'*Holothuria scabra* et plus particulièrement sur la phase juvénile épibionte et le passage à la phase endobionte. Il s'agit d'estimer la combinaison optimale (température/nourriture) à même d'assurer la croissance épibionte la plus performante et de déterminer le moment (combinaison âge-taille) du passage de l'état juvénile épibionte à celui de juvénile endobionte.

Plusieurs lots de juvéniles (tous issus d'une même fécondation) ont été soumis pendant trois mois à des conditions expérimentales différentes de nourriture et de température et nous avons suivi leur croissance durant ce laps de temps. Les résultats obtenus montrent que la quantité de nourriture (extraits d'algues Sargassum) semble jouer un rôle important dans leur croissance: les lots de juvéniles ne recevant aucun apport alimentaire montrent une croissance nulle pour toutes les températures testées alors que nous constatons toujours une croissance chez les juvéniles nourris et ce quelles que soient la dose et la température d'élevage. Ce développement apparaît clairement lié à la quantité d'aliments absorbés. Les juvéniles témoignent d'une faculté tout à fait étonnante d'optimiser leur croissance en fonction de l'abondance des ressources alimentaires disponibles. La croissance est accélérée ou ralentie par la température à laquelle elle se réalise. Celle-ci est maximale à température ambiante (fluctuante selon le nyctémère).

Des individus provenant de fécondations différentes ont des comportements très contrastés. Les individus âgés d'environ trois mois ne manifestent jamais de comportement fouisseur sur la durée de l'expérience et ce, malgré

leurs différences de taille, tandis que les juvéniles âgés d'environ six mois expriment ce comportement et ce, pour des tailles parfois plus petites que celles d'individus âgés de trois mois. L'acquisition de cette conduite, paraît, au vu des résultats obtenus, clairement «âge-dépendant». L'âge requis étant atteint, cette attitude s'exprime de façon «aléatoire» parmi les juvéniles expérimentés (une fois l'âge requis atteint, l'enfouissement se manifesterait ou non, et ce peu importe la taille).

Ces résultats sont encourageants pour la mise en place d'un protocole d'élevages à l'échelle des communautés villageoises: l'optimisation de la croissance des juvéniles ne requiert aucun dispositif expérimental lourd (il n'est par exemple pas nécessaire de maintenir des pièces à température constante, ce qui allège considérablement la maintenance et réduit le prix d'entretien), de plus, les performances de grossissement des juvéniles sont assurées toute l'année par une alimentation à base de sargasse (algue abondante et facilement récoltable). Les juvéniles de plus de trois mois, devront être transférés des cuves d'élevages à des bassins adéquats à fond sableux.

Jérôme Servais
Ingénieur agronome
Université libre de Bruxelles.

DEVELOPMENT CO-OPERATION PRIZE

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

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

The prize is granted to maximum 14 students and 6 researchers and consists of an award of 1.250 € for students and 2.500 € for young researchers. Since 1998 the awards have been handed over by the Minister for Development Cooperation during a ceremony in the Royal Museum for Central Africa. The laureates from abroad are invited to Belgium especially for this occasion. Many use their stay in Belgium to establish or renew contacts with the Belgian academia in their fields of interest.

Two abstracts regarding the accomplishments of laureates from Ethiopia and Vietnam awarded in 2004 are presented in this edition of *Tropicultura*.

'Ecology and Management of *Boswellia papyrifera* (Del.) Hochst. Dry Forests in Tigray, Northern Ethiopia. Introducing *Boswellia papyrifera* (Del.) Hochst. and its Non-timber Forest Product, Frankincense. The Use of Plant Water Relations to Characterize Tree Species and Sites in the Drylands of Northern Ethiopia'

Kindeya Gebrehiwot*

This thesis is highly relevant to a programme of reforestation and sustainable management of dry tropical forests. Given their relatively lesser importance in terms of biological diversity, the dry deciduous forests of the tropical regions are the poor relatives when it comes to research into ecology and conservation

* Ethiopian, Master's in Environmental Forestry, University of Wales, United Kingdom, 1996.
Ph.D. in Forestry, Georg-August Universität, Göttingen, Germany, 2003. kindeya@softhome.net

of natural resources. They do, however, play an extremely important role in safeguarding the ecological equilibrium in arid regions (protecting the soil from erosion, regulating the water cycle and contributing to the diversity of natural habitats) as well as in contributing to safeguarding the means of subsistence and sources of revenue for the local populations (supplying energy, materials, forage and marketable products). However, sustainable management that meets economic, social and environmental objectives combined requires an in-depth knowledge of how this type of ecosystem works, in particular its capacity to regenerate and withstand the pressure of exploitation. This thesis – of great scientific accuracy and methodical precision – makes a significant contribution to improving this knowledge. It is this knowledge that allows us to get to grips with the problem of the preservation of forest resources (in particular the *Boswellia papyrifera* species) in relation to their vulnerability (grazing, overexploitation, hydric stress, etc.) and the economic importance for Ethiopia of the products issuing from this species (frankincense among others). This thesis also recognizes its limitations and identifies a number of needs, in terms of future research, but also in terms of a legal framework and a management plan. Indeed, the author addresses from a realistic perspective the dilemma that exists in relation to the subsistence needs of the neighbouring populations, i.e. how to reconcile the closure of the wooded areas that need preserving (prohibiting access to cattle or even in some areas severely limiting the harvesting of frankincense) and the need of the populations to support themselves in a region that is naturally very dry. The issue is far from being resolved but this thesis is a solid step in the right direction.

‘Diversity in Entomopathogenic Nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) in Vietnam and Their Potential for the Biocontrol of Pest Insects’

Long Phan Ke*

Insects are a source of loss of agricultural productivity, particularly in developing countries. Insecticides cannot always be used because of product costs and secondary effects. The use of biocontrol methods is growing as a result, but these methods require the identification of the natural enemies. This is a problem because there is a shortage of systematists trained in the modern techniques of biology. In Vietnam, insects can cause 25% to 50% of agricultural production losses. Cases of resistance to insecticides are common, which means that dosages have to be increased, which in turn leads to increased negative secondary effects. However, a solution may lie in parasitism, and more specifically in the small round worms that belong to the group of Nematodes, basically divided into two families, the Steinernematidae and the Heterorhabditidae. Entomopathogenic nematodes are widespread in the environment. They can survive in the soil a long time whilst they wait for a host insect. When the infecting larva has located the host insect, it moves towards it and penetrates the insect through one of its natural orifices (mouth, spiracles or anus). The larva then pours out its digestive content and with it a symbiotic bacteria. This bacteria multiplies rapidly and kills the insect within 48 hours. The nematode feeds on the liquefied tissues of the insect and the bacteria, reaches adulthood and multiplies to produce thousands of new infecting larvae. This type of nematode is already being used in biocontrol and is sold by several producers. The difficulty lies in finding suitable species and strains that are capable of developing in the climatic conditions and soils of the targeted region. Dr Long Phan Ke took 910 soil samples in 25 provinces of Vietnam between 1997 and 2001. Of these samples, 44 proved positive for the presence of entomopathogenic nematodes. Given that there are few morphological characteristics available with which to identify them, the author used several techniques, ranging from electronic microscopy to molecular biology, over crossbreeding. The use of sophisticated statistical methods enabled him to reconstruct the phylogeny of the species found and to place them in the current systematic framework. This important work puts Phan Ke among the world experts in this difficult field, which is as yet insufficiently studied.

* Vietnamese, Master's in Nematology, University of Ghent, Belgium, 1999. Doctorate in Applied Biological Sciences, University of Ghent, Belgium, 2003. kindeya@softhome.net

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING

BIBLIOGRAFIA

Manuel de zootechnie comparée Nord-Sud

Théwis, A. Bourbouze, R. Compère, J.-M. Duplan, J. Hardouin, coord.

Agence universitaire de la Francophonie AUF. INRA Editions, Paris 2005.

ISBN: 2-7380-1055-5. 638 pages, format 16 x 24.

Prix public: 85 euros + frais d'envois

Prix Afrique, Asie, Amérique du Sud, Haïti: 22 euros.

Enfin un ouvrage de zootechnie comparée! A l'époque où les spécialités deviennent de plus en plus pointues, il était bon de prendre du recul sur les types de productions animales à travers le monde. Divisé en cinq grandes parties (Géographie mondiale de l'élevage, Analyse comparée des systèmes de production, Méthodes d'amélioration des systèmes de production, Hygiène et santé animale, Les conditions du développement des systèmes de production animale) après une introduction très complète de 21 pages, les 33 rubriques couvrent réellement tous les aspects directement et indirectement liés à la zootechnie.

Les nombreux auteurs évoquent ainsi: les espèces animales y compris les camélidés, ânes, grand et petit gibier – les produits animaux – les systèmes en zones tropicales comme la cueillette, les parcours associés ou non à l'agriculture ou à la pisciculture, les élevages en zones tempérées et les élevages hors-sol – l'alimentation de la vache laitière – les ressources fourragères y compris la complémentation – les équipements et le travail animal – les moyens génétiques, marqueurs et biotechnologiques – les différents types de maladies et leur prévention ou traitement y compris avec les moyens typiques du Sud – les phénomènes de résistance et de tolérance – l'écopathologie – les pathologies du gibier et du mini-élevage – les stratégies de développement et les facteurs sociaux qui y sont associés – l'économie des productions animales – les liens entre élevage et environnement – la formation et l'information.

Parmi les nombreuses originalités de cet ouvrage collectif, on peut relever (pp. 111-112) une référence à la notion de productivité par femelle et par an, malheureusement pour la chèvre uniquement; la comparaison entre espèces est surprenante quand on calcule cette productivité par kilo vif de vache, de truie, de brebis ou de cobaye reproductrice. Les quelques paragraphes «Propositions de remèdes» (p.114) méritent d'être relus souvent.

Les zootechniciens seront heureux de trouver quelques pages (pp. 119-125) sur les diverses formes de pêches (mer, barrage, ...), ainsi que sur les compléments pour fourrages pauvres. La partie sur la santé animale a reçu une attention particulière pour qu'elle soit aisée à comprendre par ceux qui ne sont pas formés aux pathologies, mais l'approche très originale «Guérir au Sud» (pp. 431-434) intéressera tout le monde, tout comme la section «Stratégies de lutte» avec ses distinctions pertinentes entre les attitudes en pays tempérés ou tropicaux. Quelques clés économiques sont données (pp. 519-544) afin de comprendre les conditions différentes pour le développement de l'élevage selon les milieux et les types. La distinction est bien faite entre pays industrialisés et pays à ressources rares en ce qui concerne la pollution par l'élevage, avec un très bon développement du traitement des effluents (pp. 545-581).

L'ouvrage se termine par le thème trop fréquemment négligé de la formation/information (pp. 583-597) où l'on apprend qu'on ne s'improvise pas vulgarisateur, que la terminologie employée doit être ciblée, et que la mise à jour doit être continue. Par expérience, on apprend très vite que les éleveurs sont en général beaucoup plus compétents qu'on ne le pense à première vue, et que de très nombreuses situations apparemment incompréhensibles ou illogiques deviennent rationnelles et évidentes dès lors que le contexte est compris dans sa véritable réalité locale, toujours complexe.

En résumé: prendre son temps, et lire par morceaux ces six cent pages à caractères très serrés. Même à 85 euros, cela ne fait que 7 cents environ par gramme de haute littérature zootechnique.

Cet ouvrage peut-être commandé auprès des

Editions INRA, réf. 01527, RD 10, 78026 Versailles Cedex, France.

Tél. 33(0)1.30.83.34.06.- Fax 33(0)1.30.83.34.49 email: INRA-Editions@versailles.inra.fr

Jacques Hardouin

Octobre 2005

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 editada trimestralmente con el apoyo de la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD), Servicio Público Federal de Asuntos exteriores, Comercio Exterior y Cooperación al Desarrollo, y aquel de la región de Bruselas - Capital.

Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de las instituciones belgas siguientes: 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 Emberes (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 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. Deckers para «la Ecología, la Fertilidad de los suelos y los Sistemas de explotación», el Profesor Dr J.-C. Micha para «la Pesca y la Piscicultura», el Dr E. Thys para «la Producción animal y los Animales de caza», el Profesor Dr Ir P. Van Damme para «la Agronomía y la Silvicultura», el Profesor Dr J. Verduyck para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaría trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

Secretaría de redacción

1A, Square du Bastion, B- 1050 Bruxelles – Bélgica — Teléfono: ++32.(0)2.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.(0)2.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net , mjdesmet.tropicultura@belgacom.net / Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Distribución

La distribución de la revista TROPICULTURA es gratuita y puede ser obtenida con un simple pedido escrito, dirigido a la secretaría 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 secretaría 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 imprimada. 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) los 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. Las figuras serán 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

2005 Vol. 23 N° 4

Four issues a year (October, November, December)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Chemical Composition of some Spices Used in the Preparation of *Nah-poh* and *Nkui* from West Cameroon (*in French*)
C. Tchiégang & P.D. Mbougoueng 193
- Socio-Economic Characteristics of Small Ruminant Rearing in the West Province of Cameroon (*in French*)
I.R. Tchouamo, J. Tchoumboué & Lise Thibault 201
- Elements Budgets in a Sugarcane Agroecosystem: I. Nitrogen Budget (*in Spanish*)
D. López-Hernández, Carmen Infante & E. Medina 212
- Effect of Chloride Sodium on Chlorophyll Fluorescence, Plant Proline Content and Flowers Production of Three Ornamental Species (*in French*)
M. Denden, T. Bettaieb, Alef Sahli & M. Mathlouthi 220
- Evaluation of Physical Criteria of Introduced Coffee Robusta (*Coffea canephora* P.) Beans in Low Altitude of Cameroon (*in French*)
J. Fallo & J.C. Ngongang Nono 226
- Adaptive Trials for Intensive *Clarias gariepinus* fingerling to Rural Conditions (*in French*)
S. Rukera Tabaro, J.-C. Micha & C. Ducarme 231
- TECHNICAL NOTES
- Fruit Trees Contribution to Food Security in Tropical Urban Environment: Instance of Commune of Limete in Kinshasa- Democratic Republic of Congo (*in French*)
E. Makumbelo, J.J. sj. Paulus, N. Luyindula & L. Lukoki 245
- GDCD'S ACTIVITIES 253
- BIBLIOGRAPHY 256

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



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

