

TROPICULTURA

2002 Vol. 20 N° 3

Trimestriel (juillet – août – septembre)

Driemaandelijks (juli – augustus – september)

Se publica por ano (julio – agosto – septiembre)



Brochette de larves palmistes de *Rhynchophorus* sp. (Col., Curculionidae) extraites des troncs décomposés des palmiers *Caryota Cumingii* Lodd. – Pascal Lays

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever:

J. Vercruysse

Square du Bastion 1A Bolwerksquare
1050 Bruxelles / Brussel

Avec les soutiens de

la Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI),
Ministère des Affaires étrangères,
Coopération belge internationale (www.dgci.be),
et la Région Bruxelles Capitale

Met de steunen van

Directie Generaal Internationale Samenwerking (DGIS),
Ministerie van Buitenlandse Zaken,
Belgische Internationale Samenwerking (www.dgis.be),
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT - AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X

DGCI

DGIS

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Suitability Evaluation of Selected Wetland Soils in Nigeria for Rainfed Rice Cultivation Evaluation de l'aptitude de quelques sols inondés à la culture du riz pluvial au Nigeria Evaluatie van de geschiktheid van enkele overstroomde bodems voor regenrijkstweek Evaluación de la aptitud de algunos suelos inundados para el cultivo de arroz en Nigeria	97
A.O. Olaleye, A.O. Ogunkunle, K.L. Sahrawat, O.A. Osiname & S.A. Ayanlaja	
Statut mycorrhizien de l'okoumé (<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre) en régénération artificielle au sud Cameroun Mycorrhizen-status van artificieel geregeneerde okoume (<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre) in Zuid-Kameroen Estatuto de micorriza del okoumé (<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre) en la regeneración artificial en el Sur de Camerun	104
N.A. Onguene, J.P.M. Tsimi & M.J.E. Balla	
Bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de l' <i>Ageratum houstonianum</i> Mill sur les tiques (<i>Rhipicephalus appendiculatus</i>) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun Bio-activiteit van essentiële olie van bladeren van <i>Ageratum houstonianum</i> Mill op de teken (<i>Rhipicephalus appendiculatus</i>) van de Guinese dwerggeit in het Oosten van Kameroen Bioactividad del aceite de las hojas de <i>Ageratum houstonianum</i> Mill sobre las garrapatas de la cabra enana de Guinea en el oeste de Camerun	109
E. Tedonkeng Pamo, L. Tapondjou, G. Tenekeu & F. Tendonkeng	
Evaluation de l'efficacité de la <i>Bacillus thuringiensis</i> contre les larves et imagos de <i>Andrector ruficornis</i> sur les plants de <i>Solanum tuberosum</i> au Cameroun Evaluatie van de doeltreffendheid van Bitoscibacilline op de larven en de imagos van <i>Andrector ruficornis</i> op de stekken van <i>Solanum tuberosum</i> in Kameroen Evaluación de la eficacia de la <i>Bacillus thuringiensis</i> contra las larvas y imagos de <i>Andrector ruficornis</i> sobre las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> en Camerún	113
Z. Ambang, N.D. Omokolo & I.S. Ouzounov	
Rouissage des tubercules de manioc à partir de «pied de cuve» à base de manioc roui Maniok roten via voorgeweekte en voorgefermenteerde maniokwortels Enramiento los tubérculos de yuca a partir de "pied de cuve" en base a yuca enriado	118
D. Louembé, S.C. Kobaliwa, S. Ekélé, P. Diakabana & Blanche Nkoussou Moulassou	
Influence de l'âge de la feuille sur les paramètres biologiques et les populations de l'acarien vert du manioc <i>Mononychellus tanajoa</i> Bondar (Acari: tetranychidae) Invloed van de leeftijd van het blad op de biologische parameters en de populaties groene maniokmijt <i>Mononychellus tanajoa</i> Bondar (Acari: tetranychidae) Influencia de la edad de la hoja sobre los parámetros biológicos y las poblaciones del ácaro verde de la yuca, <i>Mononychellus tanajoa</i> Bondar (Acari: tetranychidae)	125
A.M. Badegana & G. Yombo	
Reproductive and Growth Performance of the Cricetoma (<i>Cricetomys gambianus</i>) under Captivity Performances de reproduction et croissance du cricétome (<i>Cricetomys gambianus</i>) en captivité Voorplantings- en groeiprestaties van de Gambiaanse rat (<i>Cricetomys gambianus</i>) in gevangenschap Posibilidades óptimas de reproducción y crecimiento del <i>Cricetomys gambianus</i> en cautividad	130
J. Tchoumboue, A.T. Niba, P. Zango, R. Dafem & A. Tégua	
Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie des homoptères ravageurs des arbres fruitiers et autres plantes I.- Comparaison de l'évolution des populations d' <i>Aleurodicus dispersus</i> Russell (Hom.: Aleyrodidae) sur agrumes et avocatier en République du Congo Bijdrage tot de studie van de ecologie en de biologie van fruitbomen en andere planten vernielende homopteren I.- Vergelijking van de evolutie van populaties <i>Aleurodicus dispersus</i> Russell (Hom.: Aleyrodidae) op citrus- en avocadobomen in de Republiek Congo Contribución al estudio de la eco-biología de las Homoptera, plagas de los árboles frutales y otras plantas. I.- Comparación de la evolución de las poblaciones del <i>Aleurodicus dispersus</i> Russell (Hom.: Aleyrodidae) sobre los cítricos y los paltos en República de Congo	135
A. Kiyindou	
Experiment on an Integrated Ricefish Polyculture System (6 Species, 1- 2 fish/m ²) in the Mekong Delta Rispisciculture intégrée avec 6 espèces à 2 densités de mise en charge (1 et 2 poissons/m ²) dans le delta du Mékong Geïntegreerde rijst-visteelt systeem met 6 species and twee densiteiten (1- 2 vissen/m ²) in de delta van de Mekong Piscicultura integrada en arrozales con 6 especies y 2 densidades de carga (1 y 2 pescados/m ²) en el delta del Mekong	140
D.N. Long, N.V. Lanh, L.M. Lan & J.-C. Micha	
NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS	
L'entomophagie: une question de culture? Hangt entomofagie van de kultuurmethode? Entomofagia: una cuestión de cultura?	151
J. Mignon	
Inheritance of Hairiness of Stem and Petiole in a Selection from Local (Nigeria) Germoplasm of Sesame Héritabilité de la présence de poils sur les tiges et sur les pétioles du sésame dans un germoplasme local au Nigeria Overerfbaarheid van de aanwezigheid van haar op de stengels en de bladstelen van de sesamkruid van een lokaal germoplasm in Nigeria Heredabilidad de la presencia de pelos en los tallos y en los peciolos del sésamo, en un germoplasmo local en Nigeria	156
O.A. Falusi, E.A. Salako & F.M. Funmi	
DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../ EN LAS UNIVERSIDADES...	
Effets de l'alimentation des poissons avec <i>Azolla</i> sur la production d'un écosystème agro-piscicole en zones marécageuses au Rwanda Invloeden van een <i>Azolla</i> voeding van vissen op de productie van een landbouw-visteelt ecosysteem in moeraszones in Rwanda Efectos de la alimentación de pescado con <i>Azolla</i> en la producción de un ecosistema agro-piscícola en las zonas pantanosas en Rwanda	159
C.K. Kanangire	

Suitability Evaluation of Selected Wetland Soils in Nigeria for Rainfed Rice Cultivation

A.O. Olaleye^{1*}, A.O. Ogunkunle², K.L. Sahrawat³, O.A. Osiname^{3**} & S.A. Ayanlaja¹

Keywords: Bronzing symptom– Limitations– Rainfed rice– Soils– Suitability– Wetlands

Summary

Thirty-eight wetland soils in four agro-ecological zones were evaluated for their suitability for rice (*Oryza sativa* L.) cultivation. The results indicated that climatic characteristics are near optimum. Currently, by non-parametric method, most ($\geq 97\%$) of the pedons were found to be marginally suitable (S3). With the parametric method about 3% were highly suitable (S1), 74% marginally suitable (S3) and 23% not suitable (NS). Potentially by non-parametric method, 18% were of high (S1) and moderate (S2) suitabilities respectively, 58% were marginally suitable (S3) and 6% not suitable (NS). With parametric method, 24% were highly suitable (S1), 45 and 31% were of moderate (S2) and marginal (S3) suitabilities. The major limitations to rice cultivation on these soils are low CEC, organic carbon, exchangeable cations and available P, which may predispose rice plants to excessive Fe^{2+} uptake visually expressed as «bronzing» or «yellowing» symptoms. In this and similar environments in the region, good soil management is required before substantial improvement in rice production can be achieved.

Résumé

Evaluation de l'aptitude de quelques sols inondés à la culture du riz pluvial au Nigeria

Trente-huit sols inondés ont été choisis dans quatre zones agro-climatiques afin d'analyser leur aptitude à la production du riz (*Oryza sativa* L.). Les résultats obtenus montrent que les conditions écologiques étaient presque optimales. En utilisant la méthode non paramétrique, les résultats montrent qu'en général la plupart des pédons ($\geq 97\%$) était à la limite de l'aptitude à la production du riz (S3) alors qu'avec la méthode paramétrique, 3% des pédons étaient significativement aptes à la production du riz (S1), 70% à la limite de l'aptitude à la production du riz (S3) et 23% non aptes à la production du riz (NA). En utilisant la méthode non paramétrique; 18%, 58% et 6% des pédons étaient respectivement hautement, moyennement et faiblement (NA) aptes à la production du riz. Pour la méthode paramétrique, les pédons étaient respectivement de 24; 45 et 31% hautement (S1), moyennement aptes (S2) et non adéquates (S3) à la production du riz. Les contraintes majeures de la culture du riz dans ces sols sont attribuables à une faible capacité d'échange cationique (CEC), du carbone organique, de l'échange cationique et du phosphore assimilable. Ces propriétés prédisposeraient les plants de riz à la consommation excessive des ions Fe^{2+} , qui s'expriment par des symptômes de «bronzing» ou de «yellowing». Avant d'envisager une culture de riz dans cette zone ou dans des régions environnementales similaires, les meilleures techniques culturales sont requises.

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is a unique crop grown in both upland and lowland ecologies in Nigeria. There are about 200 million ha of inland valleys in sub-Saharan Africa of which less than 10% is cultivated. At a 5% increase a year, rice demand in West Africa is increasing faster than anywhere in the World (28). In Nigeria, the potential for rice cultivation is high, and estimated

wetland area grown to rice is 45% of the 880,000 ha under rice cultivation (29).

Climate, topography, hydrology, soil conditions and socio-economic factors determine to a great extent which crops may be grown in any ecological zone. The climatic and soil requirements for lowland rice cul-

¹ Ogun State University, PMB 2002, Ogun State, Nigeria.

² Agronomy Department, University of Ibadan, Nigeria.

^{3**} West Africa Rice Development Association (WARDA), Lowland Breeding Unit, IITA, Ibadan, Nigeria.

³ West Africa Rice Development Association (WARDA), 01 BP 2551, Bouaké, Ivory-Coast.

* Corresponding Address: C/o West Africa Rice Development Association (WARDA), P.M.B. 5320, Ibadan, Nigeria.

Email: adesola_olaleye@hotmail.com

Received on 22.11.99. and accepted for publication on 11.06.01.

tivation have been well documented (4, 7, 21, 24), all of which give optimum requirements for its successful cultivation.

Land evaluation (land capability classification, land suitability evaluation) can tell farmers how suitable their land is in terms of soil limitations, crop yield or profit. The Fertility Capability Classification (FCC) was designed to group soils having similar limitations of fertility (24, 29). It provides a guide for the extrapolation of the fertilizer response experience (8). The FCC focuses attention on surface soil properties most directly related management of field crops and is best used as an interpretative classification in conjunction with a more inclusive natural soil classification. The system consist of three classification levels: type (top soil texture), substratum type (subsoil texture), and certain other soil properties considered as condition modifiers or fertility constraints. Seventy-one wetland soils for rice in West Africa were evaluated using numerical evaluation methods (9) and Fertility Capability Classification (FCC) (14). Results of these studies showed that these soils are infertile. There is paucity of information on wetland evaluation for rainfed rice growing in Nigeria. This information is needed for planning soil fertility research for sustainable exploitation of these fragile wetland soils. Thus, this study seeks to identify soil constraints (or limitations) to rainfed rice production on some wetland soils and suggest plausible management options for their use.

Data sources

Soil and climatic data in four agro-ecological zones were collected (Tables 1 & 2) and summarized (Table 4) (6, 9, 16, 17, 18). These are Humid Forest Zone (HFZ) (13 pedons), Derived/Coastal Savanna Zone (DSZ) (13 pedons), Southern Guinea Savanna Zone (SGSZ) (8 pedons) and Arid-semi/Arid Zone (ARZ) (4 pedons). Land qualities/characteristics in these pedons were summarized (24). The suitability of these soils for rice cultivation was assessed following two methods (parametric and non-parametric).

Evaluation procedure

Conventional (non-parametric) method: Pedons were placed in suitability classes by matching their crop requirements (Table 3) with the land qualities/characteristics (Tables 2 & 4). The suitability class scores for each land qualities/characteristics are shown in figure 5 and the aggregate suitability ratings (i.e., indicated by its most limiting characteristics) are shown in figures 1-4.

Parametric method: Each limiting characteristics was rated as in table 3. The index of productivity (actual and potential) for each pedon was calculated using modified equations (13, 24):

$$IP = A \times \sqrt{(B/100 \times C/100 \times D/100)}$$

Where A= overall lowest characteristic rating of all land quality groups {(chemical fertility (f), B (climate (c)), C (soil physical property (s)) and D (wetness (w))}

Tableau 1
Names of pedons used in each agro-ecological zone

Humid Forest Zone		
USDA Soil Taxonomy		FAO/ UNESCO
1.	Typic Tropaquept	Eutric Fluvisol
2.	Typic Tropaquept	Dystric Gleysol
3.	Typic Tropaquept	Eutric Fluvisol
4.	Typic Tropaquept	Eutric Gleysol
5.	Aeric Tropaquept	Eutric Gleysol
6.	Aeric Tropaquept	Dystric Gleysol
7.	Typic Tropaquept	Dystric Gleysol
8.	Aeric Tropaquept	Dystric Gleysol
9.	Aeric Tropaquept	Eutric Fluvisol
10.	Typic Tropaquept	Eutric Gleysol
11.	Typic Tropaquept	Dystric Fluvisol
12.	Typic Tropaquept	Dystric Fluvisol
13.	Aquic Tropudult	Dystric Fluvisol
Derived Savanna Zone		
14.	Aeric Tropic Fluvaquent	Eutric Gleysol
15.	Typic Fluvaquent	Eutric Gleysol
16.	Typic Fluvaquent	Eutric Gleysol
17.	Typic Fluvaquent	Eutric Gleysol
18.	Aeric Tropic Fluvaquent	Eutric Gleysol
19.	Plinthic Tropaquept	Dystric Gleysol
20.	Typic Tropaquept	Eutric Gleysol
21.	Andaqueptic Fluvaquent	Dystric Gleysol
22.	Aquic Kandistult	Eutric Gleysol
23.	Eutric Tropaquet	Eutric Gleysol
24.	Aeric Fluvaquent	Eutric Gleysol
25.	Aeric Fluvaquent	Eutric Gleysol
Southern Guinea Savanna Zone		
26.	Tropic Fluvaquent	Eutric Gleysol
27.	Typic Tropaquept	Eutric Gleysol
28.	Typic Tropaquept	Eutric Gleysol
29.	Typic Tropaquept	Eutric Fluvisol
30.	Aquic Quartzipsamment	Dystric Fluvisol
31.	Typic Psamment	Dystric Fluvisol
32.	Aeric Tropaquept	Dystric Fluvisol
33.	Aeric Tropaquept	Dystric Fluvisol
34.	Aeric Tropaquept	Eutric Fluvisol
Arid Zone		
35.	Andaqueptic Fluvaquent	Eutric Fluvisol
36.	Andaqueptic Fluvaquent	Eutric Fluvisol
37.	Tropaquent	Eutric Fluvisol
38.	Tropaquent	Eutric Fluvisol

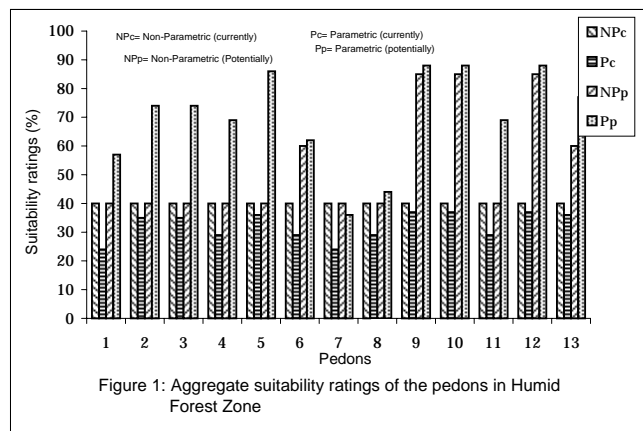


Tableau 2
Land qualities/characteristics of selected wetland soils in Nigeria

Pedons	pH	Ec ds/mm	Org.	Tot.	Ca	Mg	K	CEC	B.Sat*	P	Fe	Zn	Clay %
			C‡ %	N¶ %									
Humid Forest Zone (HFZ)													
1. Typic Tropaquept	4.9	0.07	2.0	0.1	0.8	0.3	0.3	2.2	66.7	2.1	22.0	2.9	
2. Typic Tropaquept	5.7	0.09	1.1	0.1	0.4	0.1	0.1	2.9	44.2	0.8	19.5	3.7	
3. Typic Tropaquept	5.5	0.12	1.1	0.1	2.9	0.8	0.1	4.1	74.2	2.4	31.0	5.1	
4. Typic Tropaquept	5.6	0.08	2.2	0.1	1.5	0.2	0.1	2.5	61.5	7.3	14.9	3.2	
5. Aeric Tropaquept	5.5	0.06	2.9	0.1	0.4	0.2	0.1	2.9	54.3	5.6	38.6	2.4	
6. Aeric Tropaquept	4.2	nd†	1.6	nd	0.4	0.6	0.1	11.0	10.4	13.0	51.4	1.2	
7. Typic Tropaquept	5.3	0.08	4.3	0.03	0.7	0.3	0.4	0.7	23.3	2.6	20.1	3.3	
8. Aeric Tropaquept	4.7	nd	0.6	nd	0.4	0.1	0.1	6.8	9.3	12.6	16.8	18.0	
9. Aeric Tropaquept	5.6	0.31	2.4	0.1	11.0	2.7	1.1	21.0	68.4	1.7	19.2	2.1	
10. Typic Tropaquept	5.9	0.41	1.9	0.1	18.0	8.5	0.3	34.7	78.1	2.0	18.0	6.0	
11. Typic Tropaquept	5.8	0.57	2.0	0.1	0.5	0.2	0.2	3.8	30.0	6.4	96.5	5.6	
12. Typic Tropaquept	5.7	0.49	1.9	0.1	2.1	2.1	0.3	26.7	16.7	0.7	25.9	23.0	
13. Aquic Tropudult	5.9	0.36	1.7	0.1	1.4	0.6	0.6	8.5	34.8	6.8	34.9	3.4	
Derived/Coastal Savanna (DSZ)													
14. Aeric Tropic Fluvaquent	7.1	nd	2.3	0.1	5.1	1.6	0.2	7.9	97.7	9.1	164.0	7.7	
15. Typic Fluvaquent	6.5	nd	1.8	0.1	5.1	2.4	0.3	8.6	96.3	31.0	502.0	24.0	
16. Typic Fluvaquent	6.2	nd	1.5	0.1	1.6	1.1	0.4	4.1	82.3	13.0	178.0	8.3	
17. Typic Fluvaquent	6.0	nd	2.4	0.04	1.8	0.8	0.2	4.1	80.7	8.9	219.0	3.6	
18. Aeric Tropic Fluvaquent	6.6	nd	2.1	0.14	4.6	1.5	0.2	7.6	87.5	13.0	216.0	24	
19. Plinthic Tropaquept	4.6	nd†	1.1	nd	0.86	3.0	0.2	7.87	452.0	1.2	30.0	nd	
20. Typic Tropaquept	5.1	nd	1.1	nd	0.86	3.0	0.2	7.87	51.6	1.2	30.0	nd	
21. Andaqueptic Fluvaquent	4.9	0.1	0.8	0.1	4.01	1.7	0.4	25.4	25.7	5.9	1.71	nd	
22. Aquic Kandistult	5.3	0.1	0.8	0.1	2.32	1.0	0.3	13.8	28.7	2.9	1.11	nd	
23. Eutric Tropaquet	5.0	nd	3.4	nd	24.6	4.6	0.4	30.1	98.3	3.4	30.0	nd	
24. Aeric Fluvaquent	5.7	nd	0.9	5.6	7.4	4.8	0.1	7.9	98.0	4.9	43.3	0.05	
25. Aeric Fluvaquent	6.1	nd	1.8	0.1	4.7	1.5	0.04	10.4	79.0	1.1	63.0	0.05	
26. Tropic Fluvaquent	5.7	nd	2.3	0.2	2.9	1.2	0.02	7.0	82.9	4.2	67.3	0.05	
Southern Guinea Savanna Zone (SGSZ)													
27. Typic Tropaquept	4.3	0.2	0.5	0.1	1.41	0.6	0.2	7.95	74.1	11.4	0.19	nd	
28. Typic Tropaquept	4.9	0.2	0.2	0.02	0.85	0.7	0.05	6.53	70.9	3.4	0.15	nd	
29. Typic Tropaquept	4.5	0.1	0.2	0.03	1.21	0.6	0.04	7.69	69.2	2.5	0.11	nd	
30. Aquic Quartzipsamment	5.3	0.2	0.3	0.03	1.01	0.6	0.13	2.12	83.6	1.9	0.10	nd	
31. Typic Psamment	3.5	nd	1.5	0.08	1.10	0.49	0.06	7.34	39.5	16.3	43.8	0.05	
32. Aeric Tropaquept	3.1	nd	1.6	0.08	2.70	0.79	0.04	11.39	56.1	3.76	41.7	0.05	
33. Aeric Tropaquept	4.0	nd	2.1	0.09	1.80	0.84	0.23	7.96	46.2	15.5	20.4	0.05	
34. Aeric Tropaquept	4.2	nd	0.6	nd	0.95	0.10	0.10	1.90	60.5	10.4	30.0	0.05	
Dry (Sudan) Savanna & Sahel													
35. Andaqueptic Fluvaquent	4.7	0.2	0.7	0.1	7.1	3.1	0.6	39.5	95.9	3.0	2.7	nd	
36. Andaqueptic Fluvaquent	5.7	0.2	0.6	0.1	7.4	3.7	0.3	43.8	95.0	1.3	3.6	nd	
37. Tropaquent	5.5	0.5	0.6	0.04	11.5	7.1	0.7	48.2	97.6	0.9	0.1	nd	
38. Tropaquent	6.2	0.3	0.4	0.1	20.8	7.6	0.4	62.8	98.4	2.7	2.0	nd	

† nd, not determined; ‡ Org. C., organic carbon; ¶ Tot. N, total N; *B. Sat, base saturation

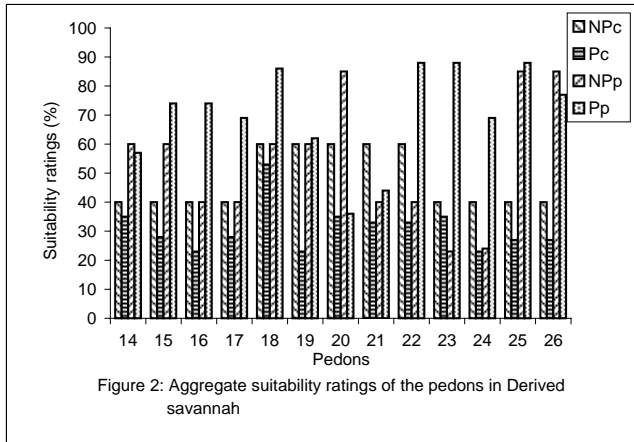


Figure 2: Aggregate suitability ratings of the pedons in Derived savannah

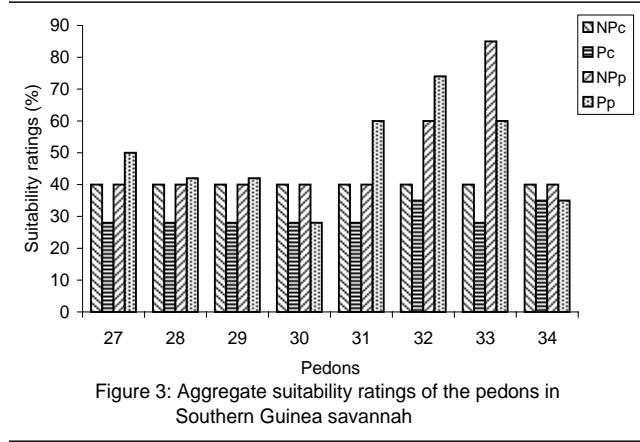


Figure 3: Aggregate suitability ratings of the pedons in Southern Guinea savannah

are the lowest characteristic ratings for their respective land quality groups. The land qualities used in this study for evaluation are: climate, soil physical property, wetness, and chemical fertility. Owing to strong correlation among the members of the same group, (e.g. solar radiation and rainfall in group 'c') only one member in each group was used. For example from figure 1, the Index of current productivity (IPc) for

pedon 1 (Typic Tropaquent) in the (HFZ) was calculated as:

$$IPc = 40 \times \sqrt{(95/100 \times 95/100 \times 40/100)} = 24\% (N),$$

while the Index of potential productivity (IPp) for the same pedon was calculated as:

$$IPp = 95 \sqrt{(95/100 \times 95/100 \times 40/100)} = 57.1\% (S2).$$

Tableau 3
Factor ratings of land use requirements# for wetland rice

Land qualities	Land Characteristics	Unit	S1	S2	S3	N1	N2
Factors Ratings		%	100-85	84-60	59-40	39-20	19-0
Climate (c) ⁴	Annual Rainfall	mm	> 1400	1200-1400	950-1100	850-900	< 850
	Solar radiation	Cal.cm ⁻² .day ⁻¹	> 300	300-200	200-100	< 100	any
Growing Periods ^{2 3}	LPG†	Days	120-180	70-120	< 70	< 70	< 70
Soil Physical Characteristics	Soil Depth ¹⁴	cm	> 20	10-20	5-10	< 5	any
	Clay ²¹	%	40-25	25-15	15-5	≤ 15; ≥ 5	any
Wetness (W) ⁴	Drainage	-	1- 3	1-3	3	any	any
	S.W.D	cm	10- 20	20-40	40-60	> 60; < 10	any
	F.D	months	> 4	3-4	2-3	< 2; > 4	any
	G.W.T	cm	0- 15	15-30	30-60	> 60	any
Fertility Status (f)	pH ¹⁹	-	5.5-7.5	5.2-5.5	≤ 5.2, ≥ 8.2	≤ 5.2, ≥ 8.2	any
	Total N ²⁰	%	> 0.2	0.1-0.2	0.05- 0.1	< 0.05	any
	Organic carbon ²⁰	%	2- 3	1-2	3- 4	> 4; ≤ 1	any
	P (Bray) ¹⁸	mg.kg ⁻¹	> 20	15-20	10-15	< 10	any
	P (Olsen) ²⁰	mg.kg ⁻¹	> 10	7.5-10	5-7.5	< 5	any
	K ²⁰	cmol.kg ⁻¹	> 0.2	0.1-0.2	< 0.1	< 0.1	any
	Ca ²⁰	cmol.kg ⁻¹	10-15	5-10	1-5	< 1; > 5	any
	Mg ²⁰	cmol.kg ⁻¹	2-5	1-2	< 1	< 1; > 5	any
	CEC (soil) ²⁰	cmol.kg ⁻¹	> 16	10-16	5-10	< 5	any
Toxicity (t)	Active-Fe ²²	%	< 0.75	0.75-1.0	1-1.25	> 1.25	any

Key:

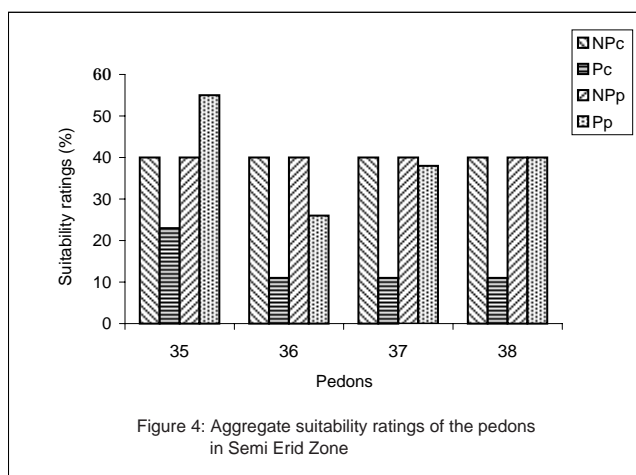
S.W. D= Surface Water Depth

F. D= Flooding Duration

G. W. T= Ground Water Table

1= Imperfect, 2= Moderate; Poor, 3= Good, 4= Very Poor

#= Sources: see references; † LPG= Length of Growing Periods



The IPp incorporates CEC and organic carbon in the fertility group, while the IPc incorporates (P, K, Ca, Mg and Zn) along with the requirements for the IPp. Suitability classes S1, S2, S3 and N correspond to IP values of 100-75, 74-50, 49-25, and 24-0 respectively.

Results and discussion

Occurrence of wetlands in Nigeria

Wetlands (hydromorphic soils) are soils with seasonal superficial flooding or those with shallow, seasonally fluctuating groundwater table. Quantitative data on the

height, fluctuation, and duration of the groundwater table are scarce for tropical West Africa and in particular, Nigeria (15). Soils with aquic moisture regimes have been identified with the presence of morphological features such as mottles, presence or coated soil materials (quartz grains), and concretions (27). Other features used in addition to these are color of chroma 2 or less or pedons with fluctuating water table or permanently high water table (26). Wetlands in Nigeria are of various types. However, those encountered in this investigation are located in three landform types, namely, inland valley depressions, alluvial plains, and coastal plains.

The former is called "akuro" in the South Western Nigeria, and "fadama" in the Northern Nigeria.

The inland basins are historically the inland depressions that once were occupied by bodies of water but subsequently were filled with fluvial sediments during the Quaternary, whereas the inland valleys have soil parent materials that are mostly colluvial in origin (15).

Both have stream channels running through them. Geologically, the wetlands in Nigeria derived their origin either from Precambrian basement complex consisting mainly of granites, gneiss, and schists in the South Western Nigeria (9, 23), or from sedimentary rocks and deposits of various ages, Paleozoic through Quaternary in the middle belt. Physiographically, these soils occur in coastal plains interior, plateaus or

Tableau 4
Land qualities/ characteristics (ranges) of selected wetland soils in Nigeria

Parameters		Humid Forest zone	Derived savannah	Southern Guinea savannah	Arid zone
Climate (c)	Annual Rainfall (mm)	2050.00	1255.00	1159.00	700.00
	Solar radiation †	308.00	358.00	380.00	505.40
	Temperature (°C)	20-35	20-35	20-35	20-35
LPG ††	Days	> 270	108-270	75-180	< 75
Wetness (w)	Drainage ‡	IV	IV	IV	IV
Physical properties (s)	% Clay	9.8-56.9	3.9-66.7	22.2-51.0	20-60.8
	Depth (cm)	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Chemical properties (c)	pH	4.2-5.9	5.6-7.1	3.1-5.3	4.7-6.2
	Ec (ds/m)	0.06-0.57	0.1	0.10-0.20	0.20-0.50
	Organic C. (%)	0.60-2.90	0.80-3.40	0.20-2.10	0.40-0.70
	Total N (%)	0.03-0.10	0.04-5.60	0.10-0.002	0.10-0.04
	Ca (cmol.kg ⁻¹)	0.10-8.50	1.60-24.60	2.70-0.85	7.10-20.80
	Mg (cmol.kg ⁻¹)	0.10-8.50	0.80-4.80	0.84-0.10	3.10-7.60
	K (cmol.kg ⁻¹)	0.10-0.60	0.02-0.40	0.04-0.23	0.60-0.70
	CEC (cmol.kg ⁻¹)	0.70-34.70	4.10-30.10	2.12-11.39	39.54-62.8
	B. Saturation (%)	9.30-66.70	25.7-97.7	39.50-83.60	95.0-98.4
	P (mg.kg ⁻¹)	0.70-13.0	1.10-31.0	1.90-16.30	0.90-3.00
	Fe (mg.kg ⁻¹)	14.9-96.50	1.11-50.20	0.10-43.80	0.10-3.60
	Zn (mg.kg ⁻¹)	1.20-23.0	0.05-24.0	0.05	0.05

† Cal.cm⁻².Day⁻¹

‡ Drainage class, imperfect to poorly drained and impeded at 40 cm depth for between 100- 165 days;

†† LPG, length of rowing periods

highlands. Those occurring in the plateaus and highlands are almost exclusively derived from basement complex, while those occurring in the coastal plains are derived from unconsolidated Quarternary deposits or from sedimentary rocks in the terraces. Climatically, the area of origin of these soils can be divided into four based on the length of the growing periods (LGP) (22). Thus, from all these characteristics, one could observe that the physicochemical properties (Tables 2 & 3) of these soils would differ; hence, their suitability for rainfed rice cultivation.

Suitability evaluation of wetlands

The result showed that climate is not a major limitation to rice cultivation as rainfall and solar radiation is near optimum in all agro-ecological zones (Figure 5). The only exception is in the Arid Zone (ARZ) where rainfall may be lower than that required for optimum rice growth. The optimum soil depth proposed for evaluating wetland rice was 50 cm (10) and from figure 5, the soil depth is optimum in all the agro-ecological zones for all pedons. Most of the pedons are poorly drained. However, drainage is in turn dependent on the texture of the sub-surface soils coupled with groundwater table level. Texture and hydrology have been reported as being important land qualities that significantly affect rice growth and yield in West Africa (8,11).

Potential soil fertility

Included here are chemical properties (CEC and organic carbon) that are not easily altered by soil management practices. Most pedons have limitations in these properties (Table 5).

Current soil fertility

Refers to land characteristics that are easily influenced by soil management practices (P, K, Ca, Mg and Zn) along with requirements for the potential fertility. These properties were sub-optimal for all pedons and in some cases, excessive Fe²⁺ levels were observed (Figure 5).

Major limitation to rice cultivation

It could be clearly seen that Nigeria is climatically suitable for rice cultivation. Major limitations to rice cultivation

in these pedons are sub-optimal texture (% Clay), low exchangeable cations (K, Ca and Mg), CEC, and organic carbon. Other soil characteristics are sub-optimal contents of total N, available P, and in some pedons high Fe²⁺ levels (especially in pedons 15, 17 and 18). Nartey and Sahrawat (12) reported that ammonia-N significantly correlated with % clay, organic carbon, total N, CEC and pH. Thus, low total N in these pedons may therefore not indicate the status of total N for optimum rice growth. The available P was low for most pedons (Figure 5). Sahrawat *et al.* (20) reported a critical P of between 12.50-15.0 mg.kg⁻¹ for some upland rice in West Africa. The low CEC values in some pedons suggest sustained crop production without adequate fertilizer application may not be feasible.

The major soil limitations to rice cultivation each of the agro-ecological zones in Nigeria are as follows: available P (all agro-ecological zones), organic carbon (DSZ, SGSZ and ARZ), Zn (DSZ, SGSZ and HFZ) and Mg (SGSZ and DSZ). Sub-optimal contents of total “N and exchangeable, Ca and CEC were observed” in the southern Guinea savanna Zone (SGSZ). In terms of the length of growing periods (LGP), all the agro-ecological zones were highly suitable (S1) for rice cultivation, while only the Arid Zone is moderately suitable (S2). In their study of irrigated rice soils in the sahelian region, Dondeyne *et al.* (5) observed that the most limiting soil constraints to rice according to the FCC method were limited soil depth, erodibility and high P fixation by soils.

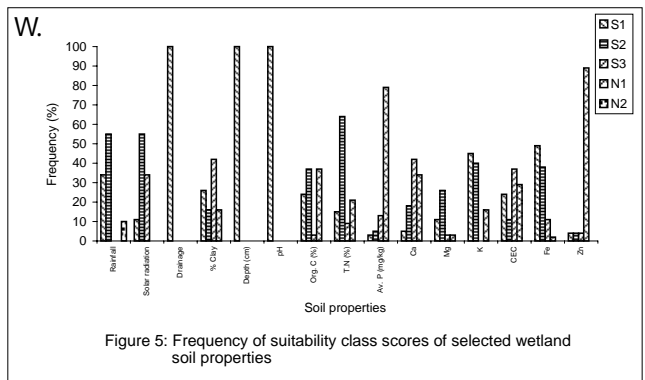
Suitability classes

Individual ratings of the land characteristic (Figure 5) and the aggregate ratings of each of the pedons (Figures 1-4) were made for both the potential and current suitability (considering all characteristics). The suitability classifications of the pedons are shown in table 5 with fertility and soil physical characteristics as the major limitations. Currently, all pedons (37 out of the 38) (97%) were found to be marginally suitable (S3) by non-parametric method, while through the parametric method about 74% (28 of the 38 pedons) were marginally suitable (S3), and about 23% (9 of the 38) of the pedons were not suitable (N).

Potentially by non-parametric method, 18% (9 of the 38) of the pedons were highly suitable (S1) and moderate suitabilities (S2), and 58% (23 of the 38) were marginally suitable (S3).

However, by the parametric method, potentially, 24% (9 of the 38) of pedons were highly suitable (S1), 45% (17 of the 38) of pedons were moderately suitable (S2), and 31% (11 of the 38) of the pedons were marginally suitable (S3).

It would be observed that there are differences in the results of both methods (parametric and non-parametric) of evaluation. The difference in the methods results from the basic differences in the two approaches. Just one characteristic that is least suitable decides the aggregate suitability class by the non-parametric method, but the parametric method considers all characteristics of the land quality groups.



The efficiency of each method of evaluation depends to a large extent on the relative importance of the most limiting characteristics of the land use in question.

When the most limiting characteristics is climate, soil physical condition or even CEC, the non-parametric method was found to be more accurate. This is because if one of these characteristics is limiting, its effect dominates crop performance rendering others redundant. Where the most limiting characteristic is a chemical property (i.e., those easily altered), the parametric method may be more accurate. Therefore, for the evaluation of these pedons, the parametric method would be suggested.

Conclusion

The land evaluation methods used in this study enabled us to identify soil limitations to rainfed rice cultivation in four agro-ecological zones. The results showed that climatically all the agro-ecological zones considered are suitable for rice cultivation even in terms of the length of growing periods (LGP). The major soil constraints to rice were low CEC, organic carbon, exchangeable cations, and available P and were observed to vary with the agro-ecological zone. Thus, it is suggested that these soils be evaluated with the parametric method. The result of this study provides ready-made information for soil scientists, agronomists, and soil policy planners.

Literature

- Buol S.W., 1972, Fertility capability soil classification systems. In: Soil Department, North Carolina state university. Agronomic-economic research on tropical soils. Annual report for 1971-1972. Raleigh, North Carolina.
- Buol S.W. & Couto W., 1980, Soil fertility capability assessment for use in the humid tropics. In: D.J. Greenland (eds). Characterization of soils in relation to their classification and management for crop production: examples from some areas of the humid tropics. Oxford University Press. Pp 254-261.
- Clarke G.R., 1951, The evaluation of soils and the definition of quality classes from studies of the physical properties of the soil profile in the field. *J. Soil Sci.* 2, 50-60.
- Dent F. J., 1978, The agricultural potential of the Peninsular Thailand. M.S. thesis University of Hull, England.
- Dondeyene S., Deckers J. & Raes D., 1997, Land evaluation for irrigated rice in the West African Sahel. In: Meizan K.M. *et al.* Irrigated rice in the Sahel: Prospects or sustainable development. West Africa Rice development Association (WARDA), Bouaké, Côte-d'Ivoire. Pp 381-396.
- Fagbami A. & Ajayi F.O., 1989, Valley bottom soils of the sub-humid tropical southwestern Nigeria on Basement complex rocks: Characteristics and classification. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36(2), 179-194.
- Fageria N. K., 1991, Growth and Mineral Nutrition of field crops chapter 6, Rice. Pp 159-204. Narcell Dekker New York.
- Killian J. & Teissier J., 1972, Méthodes d'investigation pour l'analyse et le classement des bas-fonds dans quelques régions de l'Afrique de l'ouest: Proposition de classification d'aptitudes des terres à la riziculture. FF/IRAT/IITA. Séminaire sur les perspectives pour l'irrigation en Afrique de l'ouest. Mimeogr. 18 p.
- Kyuma K., Kosaki T. & Juo A.S.R., 1986, Evaluation of the fertility of the soils. Pp 43- 58. In: Juo A.S.R. and Lowe J.A. (eds). The wetlands and Rice in sub-Saharan Africa. Intl. Inst. of Trop. Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- Moormann F.R. & Breemen N., 1978, Rice: Soil, Water, Land. International Rice research institute. Manila, Philippines.
- Moormann F.R. & Dudal R., 1965, Characteristics of soils in which paddy is grown in relation to their capacity classification. *Soil Surv. Rep.* No 32, Dept. Land Dev., Bangkok, Thailand.
- Nartey L.T. & Sahrawat K.L., 1997, Potentially mineralizable nitrogen in West Africa rice soils. *Geoderma* 76(1/2), 145-154.
- Ogunkunle A.O., 1993, Soil in land suitability evaluation: an example of Oil-palm in Nigeria. *Soil Use and Management* 9(1): 35-40.
- Okusami T.A. & Rust R.H., 1992, Occurrence, characteristics, and classification of some hydromorphic soils from Southwestern Nigeria. In: Kimble J.M. (eds). Proc. of the eight International Soil correlation Meeting (VIII ISCOM), 185-197.
- Okusami T.A., 1985, Properties of some hydromorphic soils in West Africa. Pp 59- 65. The wetlands and Rice in sub-Saharan Africa. Intl. Inst. of Trop. Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- Olaleye A.O., 1998, Characterization, evaluation, nutrient dynamics and rice yields in selected wetland soils in Nigeria. Ph.D. thesis. University of Ibadan, Nigeria. 205 p.
- Oyediran G.O., 1990, Genesis, classification, and potential productivity of selected wetland soils in the savanna ecosystem of Nigeria. Ph.D. thesis (unpublished). Obafemi Awolowo University, Ife, Nigeria. 335 p.
- Petters S.W., Usoro E.J., Udo E.J., Obot U.W. & Okpon S.N., 1989, Akwa Ibom State: Physical background, Soils, and Land Use and Ecological Problem. Technical report of the Task Force on Soils and Land Use Survey. Govt. Printer, Uyo. Pp 602.
- Ponnamperuma F.N., 1994, Evaluation and improvement of lands for wetland rice production. Pp 3-19. In: Rice and problem soils in South and southeast Asia (eds). Senadhira. IRRI, Philippines.
- Sahrawat K.L., Jones M.P. & Diatta S., 1997, Extractable phosphorus and rice yield in an Ultisol of humid forest zone in West Africa. *Communications. In: Soil- Science and Plant-Analysis.* 1997, 28: 9-10, 711-716.
- Singh B.N., Fagade S., Ukwungu M.N., Williams C.T., Jagtap S.S., Oladimeji O., Efiue A. & Okhidievbie O., 1997, Rice growing environments and biophysical constraints in different agroecological zones in Nigeria. *Met. J.* 2(1), 35-44.
- Singh B.P., 1992, Characteristics of Fe-toxic soils and affected plants and their correction in acid Haplaquents of Meghaya. *IRRI News* 17(2), 18.
- Singh B.P., 1992, Characteristics of Fe-toxic soils and affected plants and their correction in acid Haplaquents of Meghaya. *IRRI News* 17(2), 18.
- Smyth A.J. & Montgomery R.F., 1962, Soils and land use in central south Western Nigeria. Govt. printer, Ibadan, Western Nigeria. 264 p.
- Sys C., 1985, Evaluation of the physical environment for rice cultivation. In: *Soil Physics and Rice.* IRRI (eds). Pp 31- 43. IRRI, Los Baños, Philippines.
- Tanaka A. & Yoshida S., 1970, Nutritional disorders of the rice plant in Asia. In: *Rice. Res. Inst. Techn. Bull.* 10.
- Veneman P.L.M., Vepraskas M.J. & Bouma J., 1976, The physical significance of soil mottling in a Wisconsin Toposequence. *Geoderma*, 15, 103-108.
- Vepraskas M.J. & Bouma J., 1976, Model experiments on mottle deformation simulating field conditions. *Geoderma*, 15, 217-230.
- West Africa Rice Development Association (WARDA), 1993, Rice trends in sub-Saharan Africa: A synthesis of statistics on rice production, trade and consumption. West Africa Rice Development Association (WARDA), 1998, Annual Report 1997. Mbe, Côte-d'Ivoire.

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 de leurs auteurs
 De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op de verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)
 Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen unicamente la responsabilidad de los autores

Statut mycorhizien de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) en régénération artificielle au sud Cameroun

N.A. Onguene*, J.P.M. Tsimi** & M.J.E. Balla***

Keywords: Okoume– *Arbuscular mycorrhiza*– Forestry plantation

Résumé

Cette étude décrit le statut mycorhizien de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre), une burséracée endémique des forêts humides du Gabon. A l'instar de la plupart des essences forestières tropicales, l'okoumé forme des symbioses mycorhiziennes à arbuscules. La colonisation mycorhizienne des racines d'okoumé en régénération artificielle a été étudiée sur des arbres plantés entre 1950 et 1989 dans la Réserve de la Kienké au sud Cameroun. Les okoumés ont un diamètre moyen à poitrine d'homme (DMH) de 40 cm, quinze ans après plantation. Le DMH est fortement et positivement corrélé à l'âge des arbres mais négativement au taux de colonisation mycorhizienne (TCM). Le TCM le plus élevé est atteint quinze ans après plantation, et décline ensuite, suggérant que les arbres adultes d'okoumé exerceraient un contrôle sur la colonisation mycorhizienne. En l'absence de travaux d'éclaircies, la performance relativement bonne des okoumés hors de son aire naturelle semble soutenue par diverses associations mycorhiziennes. Car, presque tous les genres de Glomales ont été observés dans les racines d'okoumé indépendamment de l'âge, indiquant que l'okoumé est fortement dépendant des mycorhizes.

Summary

Mycorrhizal Status of Okoume (*Aucoumea klaineana* Pierre) in Artificial Regeneration in South Cameroon

This study described the mycorrhizal status of okoume (*Aucoumea klaineana* Pierre), an endemic burseraceae of the humid forests of Gabon. Like most tropical forest timbers, okoume forms arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhizal root colonisation of okoume in artificial regeneration was investigated on trees planted between 1950 and 1989 in the Kienke Reserve of south Cameroon. Diameter at breast height (DBH) of okoume trees was on average 40 cm fifteen years after plantation. DBH was highly positively correlated to tree age but negatively to percent root colonisation (PRC). The highest PRC was reached fifteen years after planting, and declined thereafter, suggesting that adult trees of okoume could exert a control over mycorrhizal colonisation. In the absence of selective clear-cuttings, the relatively good growth performance of okoume outside of its natural growth range appears to be sustained by diverse mycorrhizal associations. For, almost all Glomalean genera were observed in okoume roots, independently of age, indicating that okoume is strongly mycorrhiza-dependent.

Introduction

L'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) est la principale essence d'exportation du Gabon, de la Guinée Equatoriale et du Congo (2). En 1997, elle a constitué 70 et 85% des exportations de bois respectivement dans les deux premiers pays cités (3). Il se trouve naturellement en peuplements presque purs au Gabon avec une large expansion sur la Guinée Equatoriale et le Congo. Au sud Cameroun où il déborde légèrement, l'okoumé trouve sa limite de distribution naturelle dans la région de Ma'an (14). C'est une espèce grégaire et pionnière dont le bois convient parfaitement à la fabrication de contre-plaqués. Cependant, peu d'informations existent sur les facteurs biologiques qui soutiennent la croissance de l'arbre et déterminent sa régénération naturelle.

Depuis cinq décennies, l'importance physiologique des mycorhizes est de plus en plus reconnue, mais le statut mycorhizien des principales essences expor-

tées des forêts tropicales humides reste peu connu. Les mycorhizes résultent de relations mutuellement bénéfiques et obligatoires entre les racines de la plupart des plantes supérieures et certains champignons du sol appelés champignons mycorhiziens. Elles sont pérennes, indispensables, et constituent la principale source minérale pour la majorité des essences forestières tropicales (11, 15). En conséquence, les plantes mycorhizées se développent rapidement et mieux dans des sols peu fertiles et sans apports nutritifs externes, en plus d'autres bénéfices tels que la préservation de l'état sanitaire des plants en raison de leur résistance aux pathogènes comme ceux responsables de la fonte des semis, et une bonne homogénéité des peuplements (2, 17). L'objectif de cette investigation était d'étudier le statut mycorhizien de l'okoumé en régénération artificielle au sud Cameroun.

* Programme Sol, Eaux et Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). B.P. 2067, Yaoundé, Cameroun.

** Office National de Développement des Forêts (ONADEF), Edea-Kribi, Homologue au Team Leader du Programme Tropenbos Cameroun.

*** Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Mbalmayo, Cameroun.

Reçu le 03.01.01. et accepté pour publication le 30.05.02.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'étude

L'étude a été conduite dans la réserve forestière de la Kienké-sud (appelée dans la suite Réserve), située à environ 30 km au sud-est de Kribi. La forêt de la Kienké est incluse dans le massif forestier Atlantique Biafréen (14). Le classement de cette forêt dans le domaine privé de l'Etat remonte au 8 novembre 1947. Mais, les premières plantations d'okoumé ont été réalisées à partir de 1950 et poursuivies jusqu'en 1989. Elles sont localisées le long de la route nationale Kribi – Akom II – Ebolowa, dans quatre bases: Bidou III (1430 ha), Nkolbewa (1127 ha), Elon (2125 ha) et Melen (1273 ha) (4).

La région est soumise à un climat équatorial. La pluviosité très élevée varie entre 2000 et 2500 mm (19). Les précipitations se répartissent en deux périodes pluvieuses (septembre - novembre et avril - juin) séparées par deux saisons sèches, l'une qui est longue et bien marquée (décembre - mars), l'autre courte et peu prononcée (juillet - août). Le relief de la région est celui d'une plaine de faible altitude (< 30 m). Les sols ferrallitiques ocres et acides sont issus d'une roche-mère métamorphique (gneiss) du Précambrien inférieur (14).

Au regard de l'histoire de sa création, sa position géographique, proche de Kribi, où existent deux grandes compagnies agro-industrielles, SOCAPALM (les palmeraies du Cameroun) et HEVECAM (les plantations d'héveas du Cameroun), et de plusieurs compagnies d'exploitation forestière, la Réserve est soumise à de nombreuses pressions anthropiques – plusieurs cycles d'exploitation forestière illégale, défrichements agricoles depuis une trentaine d'années – qui ont énormément modifié sa physionomie avec la présence d'habitations et même de villages entiers.

Dispositif expérimental, mesures et collecte des racines

Les okoumés au sud Cameroun ont été plantés par la méthode de recrû à la densité de 400 tiges/ha (écartement 5 m x 5 m). A partir de la carte de la Réserve, des plantations de quatre périodes: 1950 à 1959, 1960 à 1969, 1970 à 1979, 1980 à 1989, ont été identifiées dans la base de Melen. Pour chaque période, cinquante arbres apparemment sains (dépourvus de signes visibles de chancres, à fût cylindrique sans nœuds et défauts divers tels que les cannelures, méplats, fil tors) ont été choisis au hasard, soit dix arbres par année de plantation. Au cours de notre investigation, dominants, codominants et dominés n'ont pas été distingués les uns des autres. Les arbres retenus étaient distants les uns des autres d'au moins 50 mètres. A part des observations sur l'état sanitaire global des arbres, le diamètre à poitrine d'homme a été calculé après mesures des circonférences à 1,30 m, à l'aide d'un ruban de 2,50 m de longueur totale, et à partir de la relation: $d = c/\pi$, où c est la circonférence et d , le diamètre.

A partir de la racine principale rattachée au collet de l'arbre sélectionné, des échantillons de racines fines

ont été prélevés, dans la direction des quatre points cardinaux, et mélangés en un échantillon composite par arbre. Environ 5 g de racines fines ont été ainsi collectés, puis, conservés dans 50% d'alcool éthylique. Avant examen en laboratoire, les racines ont été abondamment rincées à l'eau de robinet, puis réparées en trois sous – échantillons d'environ 1 g chacun. De ces derniers, environ 0,5 g de racines ont été sectionnés en fragments de 1 à 2 cm de long, avant d'être trempés dans 10% de potasse (KOH) pendant 24 heures. Les racines d'okoumé fortement pigmentées ont été placées dans une solution de peroxyde à 10% mélangée à la soude diluée à 20% pendant une heure. Les racines ainsi traitées ont été de nouveau rincées 3 fois à l'eau de robinet. Ensuite, elles ont été trempées dans une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 1% pendant 3 minutes. Après avoir enlevé l'acide, les racines ont été colorées dans une solution de fuchsine acide pendant 2 jours. La solution de fuchsine acide est fabriquée à partir de 1750 ml d'acide lactique, 126 ml de glycérine, 126 ml d'eau et 0,15 g de fuchsine acide. Enfin, les racines ont été décolorées pendant deux jours dans une solution d'acide lactique dépourvue de la fuchsine acide (20). La collecte des racines d'okoumé plantés et celles de jeunes arbres en régénération naturelle hors parcelle de plantation a eu lieu en mars 1999.

Observation et évaluation de la colonisation mycorhizienne

L'examen qualitatif a consisté à choisir trois fois, et au hasard, 5 - 6 fragments (1 - 2 cm) de racines colorées par échantillon, à les monter entre lame et lamelle, à les écraser légèrement, puis, à les observer sous microscope à grossissements de 100 et 400 fois, et à noter les structures mycorhiziennes: arbuscules, cloisons d'hyphes, vésicules, hyphes intra- et intercellulaires, hyphes extramatricielles et corps auxiliaires. Le taux de colonisation racinaire a été estimé selon la méthode d'intersection de grilles (10). L'échantillon de racines décolorées est répandu en couche homogène dans une boîte de Pétri quadrillée, de manière à ne pas superposer les fragments de racines. Puis, en observant à travers les objectifs d'une loupe binoculaire à un grossissement de 40 fois, la présence ou l'absence de structures du champignon mycorhizien à l'intersection des grilles et du fragment de racine est enregistré à l'aide d'un compteur manuel à plusieurs touches. Le taux de colonisation mycorhizienne est obtenu lorsqu'au moins 100 intersections ont été évaluées.

Analyse statistique des données

L'analyse statistique des données a été faite à partir du logiciel SPSS (23). Toutes les données ont été testées pour la normalité et l'homogénéité des variances à l'aide du test de Levene avant l'analyse de variance. La comparaison des moyennes a été faite à l'aide du test de Duncan. Les coefficients de corrélation de Spearman ont été calculés entre toutes les variables.

Résultats

Le diamètre à hauteur de poitrine d'homme est significativement et positivement corrélé à l'âge des arbres ($R= 0,809$; $P< 0,001$). L'analyse de variance montre que l'âge des arbres affecte significativement le diamètre à 1,30 m ($F= 23,9$; $P< 0,001$). Il décrit deux paliers: il est très bas chez les sujets âgés de 15 à 25 ans et très élevé chez les arbres âgés de 35 à 45 ans (Figure 1). Il atteint 40 cm après quinze ans.

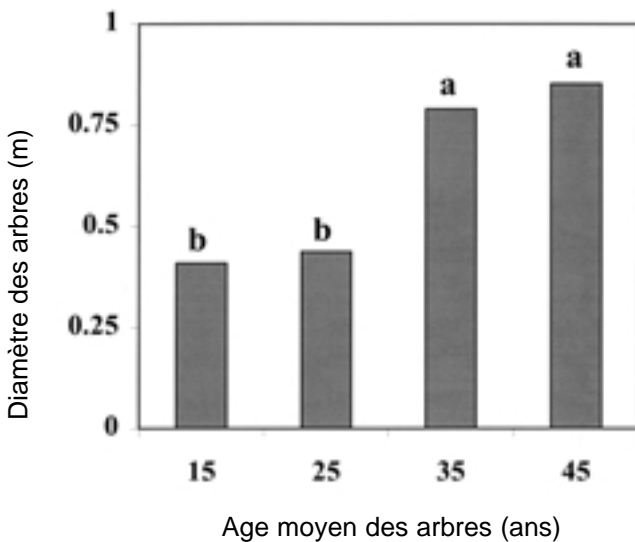


Figure 1: Evolution du diamètre à hauteur de poitrine d'homme en fonction de l'âge des arbres d'okoumé en régénération artificielle dans la réserve de la Kienke-Sud, Cameroun.

Les racines d'okoumé sont superficielles, grossières, avec deux à trois branches latérales et nanties d'éléments fins, longs et courts, en forme de poire.

De notre étude, aucun échantillon de racines d'okoumé n'était dépourvu de structures mycorhiziennes. L'observation des racines d'okoumé montre une gamme variée d'espèces de la plupart des champignons mycorhiziens à arbuscules: des vésicules de formes variées (ovales, oblongues, rectangulaires), des hyphes intracellulaires fines et parallèles et d'autres à paroi plus épaisse et tortueuses, deux types de corps auxiliaires. Ces structures ont été observées indépendamment de l'âge. Mais, très peu d'arbuscules et de cloisons d'hyphes ont été observés. Les arbuscules ont été observés surtout chez les jeunes arbres en régénération naturelle.

Le coefficient de corrélation entre le taux de colonisation mycorhizienne (TCM) et le diamètre à 1,30 m est de: $R= - 0,525$; $P< 0,001$. L'analyse de variance indique que l'âge des arbres a une influence significative sur le TCM ($F= 11,9$; $P< 0,001$). Le TCM le plus élevé est atteint vers quinze ans, et décline ensuite mais sans différence significative chez les arbres plus âgés (Figure 2). Les jeunes arbres d'okoumé en régénération naturelle autour de la Réserve ont un TCM moyen d'environ 50%.

Discussion

L'okoumé en régénération artificielle au sud Cameroun semble relativement bien se comporter au regard de l'accroissement en diamètre. Le diamètre moyen des okoumés à 1,30 m atteint 40 cm après quinze ans au sud Cameroun. Ce qui correspond à un taux d'accroissement de 2,66 cm par an. Cette valeur supérieure à celle de Wencelius (25) est voisine de celle de Ntsengue (18). Mais, ce dernier auteur relève une large proportion de nombreux défauts chez les okoumés, notamment de nombreux signes de chancres, cannelures et méplats. Ce qui pourrait entraîner une récolte moindre de bois d'œuvre. La raison principale évoquée est le manque de travaux d'éclaircies en plantations. Par conséquent, les performances relativement satisfaisantes actuelles de l'okoumé en régénération artificielle au sud Cameroun résultent surtout de seuls processus écologiques-clés de maintien de la fertilité des sols (décomposition de la matière organique, minéralisation des éléments nutritifs), et surtout des activités mycorhiziennes d'amélioration de l'absorption minérale des arbres.

La forme piriforme de certains éléments fins des racines d'okoumé décrit une hétérozhie: système racinaire avec des éléments long et courts, résultant d'une capacité réduite de la croissance longitudinale de certaines racines latérales fines. L'aspect hétérozhique des racines est typique des espèces ectomycorhiziennes, mais certaines plantes formant des mycorhizes à arbuscules possèdent aussi cette caractéristique racinaire (9). C'est le cas de l'okoumé qui forme des mycorhizes à arbuscules typiques.

La présence d'arbuscules a été considérée jusqu'ici comme seuls indices de mycorhizes fonctionnelles. Au cours de cette investigation, peu d'arbuscules ont été observés dans les racines d'okoumé, confirmant les observations de rareté arbusculaire dans les racines d'essences en forêts néotropicales (6) et tro-



Figure 2: Evolution du taux de colonisation mycorhizienne des racines d'okoumé en fonction de l'âge des arbres en régénération artificielle dans la réserve de la Kienke-Sud, Cameroun.

picales humides (1, 20). Peu de cloisons d'hyphes ont également été notées. La morphologie racinaire peut influencer la quantité d'arbuscules et de cloisons d'hyphes produites par la plante-hôte. La diversité structurale des mycorhizes a été récemment révisée et deux types sont grossièrement reconnus: le type *Arum* et le type *Paris* (22). Le type *Arum* se distingue par une phase intercellulaire de croissance exubérante d'hyphes et une production d'arbuscules terminaux sur les branches d'hyphes intracellulaires. Le type *Paris* se caractérise par une croissance d'hyphes intracellulaires considérables produisant des cloisons d'hyphes.

Les racines d'okoumé restent mycorhizées pendant tout son cycle de vie. Le taux moyen de colonisation mycorhizienne d'okoumé en plantation au sud Cameroun est relativement élevé indépendamment de l'âge des arbres. Ce qui suggère que l'okoumé dépend fortement des associations mycorhiziennes. Une relation inverse a été suggérée entre la dépendance mycorhizienne et le stade de succession végétale. Janos (12) postule que les espèces pionnières sont facultativement mycotrophiques contrairement aux espèces climaciques. Mais, cet auteur soutient aussi que la relation entre stade de succession végétale et indépendance mycorhizienne reste vague. L'okoumé est une espèce pionnière qui régénère abondamment dans des trouées naturelles ou humaines (8). La condition primitive des plantes est celle d'une forte dépendance mycorhizienne et une colonisation racinaire élevée contrairement aux plantes plus évoluées (24).

Les caractéristiques des racines sont habituellement en forte corrélation avec la formation et l'abondance mycorhizienne (5). Les racines grossières avec peu ou dépourvues de poils absorbants sont souvent fortement mycorhizées alors que les racines fortement et finement branchées et nanties de nombreux poils absorbants semblent tirer peu de bénéfices nutritionnels des associations mycorhiziennes en conditions contrôlées (16). Les racines d'okoumé sont grossières, fortement branchées, hétérozygiques et avec peu de courts poils absorbants, mais demeurent aussi constamment colonisées par les champignons mycorhiziens arbusculaires pendant son cycle de vie, en raison certainement de la pauvreté des sols. La colonisation mycorhizienne d'essences dans les trouées de lumière pourrait être plus élevée que celle d'essences sous ombrage en raison d'une forte activité photosynthétique et probablement d'une plus grande

disponibilité de carbohydrates pour le champignon mycorhizien (21).

Deux hypothèses empiriques ont été retenues pour le choix de la date des éclaircies dans les plantations d'okoumé du sud Cameroun: une seule éclaircie autour de 10 ans (7) et deux éclaircies entre 8 et 15 ans (13). La forte colonisation mycorhizienne (et la présence de nombreuses arbuscules observées chez les jeunes okoumés) culminant vers 15 ans après plantation et la corrélation négative entre le TCM et l'âge des arbres suggèrent deux périodes d'activité mycorhizienne chez l'okoumé. Au cours de la première phase de croissance (0 à 15 ans), l'okoumé investit en carbone pour des besoins physiologiques et immédiats procurés par une colonisation mycorhizienne intense au stade juvénile. Donc, une intervention humaine de dévitalisation avant cette période pourrait s'avérer préjudiciable à l'activité fonctionnelle des mycorhizes. A cette première phase d'activité mycorhizienne intense et croissante succède une phase d'activités mycorhiziennes réduites mais constantes: l'okoumé adulte semble réguler la symbiose mycorhizienne pour ses besoins futurs, en maintenant l'intensité mycorhizienne à un niveau constant. Par conséquent, des éclaircies peuvent survenir quinze ans après plantation sans préjudice pour les activités mycorhiziennes de l'okoumé.

En conclusion, la tolérance écologique de l'okoumé hors de son aire de distribution naturelle en plantation sans travaux d'éclaircies apparaît maintenue par une diversité d'associations mycorhiziennes et une colonisation racinaire intense soutenues tout au long de son cycle de vie. Les interventions sylvicoles d'éclaircies semblent plus appropriées vers le milieu de la seconde décennie de croissance.

Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation Néerlandaise de la recherche scientifique (NWO), l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT), le Gouvernement camerounais à travers l'Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) et l'Office National de Développement des Forêts (ONADEF) qui ont financé respectivement les travaux des auteurs. L'assistance dans la collecte des données et des racines dans la Réserve a été assurée par Serge Aba'a Aba'a, et l'assistance au laboratoire pour la saisie des données et du manuscrit par Véronique Onguene.

Références bibliographiques

- Alexander I.J., 1989, Mycorrhizas in tropical forests. In: J Proctor (ed.), Mineral nutrients in tropical forests and savanna ecosystems, pp 169-188, Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Anonyme, 1989, Mémento du Forestier. Techniques rurales en Afrique, 3^e édition, Centre Technique Forestier Tropical, Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, France, 1579 p.
- Anonyme, 1999a, ATIBT Newsletter 1999, July N°10.
- Anonyme, 1999b, Note de présentation de la réserve forestière de l'agence ONADEF, Edea. Fév. 1999, 3 p.
- Baylis G.T.S., 1975, *Magnolioid mycorrhiza* and mycotrophy in root systems derived from it: In: FE Sanders, B Mosse, PB Tinker (eds.). Endomycorrhizas, London, Academic Press, p 373 à 389.
- Béreau M., Gazel M. & Garbaye J., 1997, Les symbioses mycorhiziennes des arbres de la forêt tropicale de la Guyane française. Can. J. Bot. 75, 711-716.
- Bibani R. 1984, Adaptation, croissance et productivité de l'okoumé dans la région d'Edéa. SRF, Edéa, 86 p.

8. Brunck F., Grison F. & Maitre H.F., 1990, L'okoumé (*Ocoumea klaineana*, Pierre). Monographie. Nogent-sur-Marne, France, Centre Technique Forestier Tropical, 102 p.
9. Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grovet T. & Malajczuk N., 1996, Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR Monograph 32, Canberra, 374 p.
10. Giovannetti M. & Mosse B., 1980, An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular infection in roots. *New Phytol.* 84, 489-500.
11. Janos D.P., 1983, Tropical mycorrhizas, nutrient cycling and plant growth. *In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC (eds.), Tropical Rain Forest: Ecology and Management*, Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 337 à 345.
12. Janos D.P., 1996, Mycorrhizas, succession and rehabilitation of deforested lands in the humid tropics: *In: JC Frankland N Magan, JGM Gadd (eds.), Fungi and environmental change*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 129 à 161.
13. Leroy D.J., 1974, De la théorie à la pratique des éclaircies dans les plantations d'okoumé. 3^e lettre sur la sylviculture. CTFT, Libreville, 40 p.
14. Letouzey R., 1968, Etude phytogéographique du Cameroun. Ed.P Le Chevalier, Paris, 511 p. + annexes.
15. Le Tacon F.I., Garbaye J. & Ba A., 1987, L'importance des symbioses racinaires pour les arbres forestiers en zone tropicale sèche et en zone tropicale humide. *In: Trees for development in sub-saharan Africa. Proceedings of a regional seminar held in Nairobi, Kenya, February 20-25, 1989.* International Foundation for Science (IFS), Nairobi, Kenya.
16. Manjunath A. & Habte M., 1991, Root morphological characteristics of host species having distinct mycorrhizal dependency. *Can. J. Bot.* 69, 671-676.
17. Newsham K.K., Fitter A.H. & Watkinson A.R., 1995, Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends Ecol. Evol* 18, 243-270.
18. Ntsengue L.J., 1988, Table de production pour l'okoumé (*Okoumea klaineana*) dans la Réserve forestière de la Kienke-sud (Kribi). Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Université de Dschang, 78 p.
19. Olivry J.C., 1986, Fleuves et rivières du Cameroun. Collection Monographies Hydrologiques de l'ORSTOM 9, Paris, France.
20. Onguene A.N. & Kuyper Th. W., 2001, Mycorrhizal associations in the rain forest of south Cameroon. *For. Ecol. Manag.* 140, 277-287.
21. Smith F.A. & Smith S.E., 1996, Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the arbuscular (VA) mycorrhizal symbiosis. *Advances in Botanical Research* 22, 143.
22. Smith F.A. & Smith S.E., 1997, Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytol.* 137, 373-388.
23. SPSS Inc., 1993, SPSS – X users' Guide. 4th ed. Gorinchem, The Netherlands.
24. Stubblefield S.P., Taylor N. & Trappe J.M., 1987, Fossil mycorrhizae: a case for symbiosis. *Science*, 237, 59-60.
25. Wencelius F., 1980, Premiers résultats de l'étude des parcelles expérimentales d'okoumé de la forêt de la Kienké, Edea, SRF 22 p.

N.A. Onguene*, Camerounais, Ph.D de l'Université de Wageningen, Microbiologiste du sol au Programme Sol, Eaux et Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). B.P. 2067, Yaoundé, Cameroun.

J.P.M. Tsimi**, Camerounais, Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasse, chef d'Agence, Office National de Développement des Forêts (ONADEF), Edea-Kribi, Homologue au Team Leader du Programme Tropenbos Cameroun.

M.J.E. Balla***, Camerounais, Technicien Supérieur des Eaux, Forêts et Chasse, Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Mbalmayo, Cameroun.

Bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de l'*Ageratum houstonianum* Mill sur les tiques (*Rhipicephalus appendiculatus*) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun

E. Tedonkeng Pamo¹, L. Tapondjou², G. Tenekeu² & F. Tendonkeng²

Keywords: *Rhipicephalus appendiculatus*– *Ageratum houstonianum*– Essential oil– leaves– LD₅₀

Résumé

L'effet de l'huile essentielle des feuilles de l'*Ageratum houstonianum* sur *Rhipicephalus appendiculatus* a été testé au Laboratoire de Chimie Appliquée et Environnementale de l'Université de Dschang dans l'Ouest-Cameroun. Cinq doses d'huile essentielle (0,00; 0,016; 0,031; 0,062 et 0,125 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) en quatre répétitions ont été utilisées. Chaque répétition était constituée de dix tiques dans une boîte de Pétri tapissée de papier filtre et uniformément imprégné du produit. Des résultats de cet essai, il apparaît que l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* est toxique pour les tiques *R. appendiculatus*. La mortalité maximale observée dans le lot témoin était de 10% au moment où la plus faible dose (0,016 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) d'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* avait exterminé sa population après huit jours d'exposition. La DL₅₀ de l'huile essentielle des feuilles était de 0,02949 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ le deuxième jour, d'exposition ce qui laisse entrevoir l'efficacité de ce produit sur ce parasite.

Summary

Bioactivity of the Essential Oil of the Leaves of *Ageratum houstonianum* Mill on Guinean Dwarf Goat's Ticks (*Rhipicephalus appendiculatus*) in Western Cameroon

The test of the essential oil of the leaves of *Ageratum houstonianum* on *Rhipicephalus appendiculatus* was carried out in the Laboratory of Applied and Environmental Chemistry of the University of Dschang in West Cameroon. Five doses of the essential oil (0.00; 0.016; 0.031; 0.062 and 0.125 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) in four replicates were used. Each replicate was made up of ten ticks in the Petri dish with filter paper on the bottom and uniformly impregnated with the product. The results of this study indicate that essential oil of the leaves are toxic to *R. appendiculatus* ticks. The highest mortality in the control group was 10% when the lowest dose (0.016 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) of essential oil of the leaves of *A. houstonianum* had exterminated the ticks after eight days of exposure. The LD₅₀ of the essential oil of the leaves was 0.02949 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ at the end of the second day indicating a potentially high efficiency of this product on this parasite.

Introduction

L'élevage des ruminants constitue l'une des principales activités de production dans de nombreuses régions d'Afrique en général et du Cameroun en particulier. Malheureusement, sur les parcours naturels d'où ils tirent l'essentiel de leur alimentation, ces animaux sont soumis à de nombreuses contraintes, parmi lesquelles les problèmes d'ordre sanitaires qui affectent la croissance et nécessitent des mesures de prévention (9) ou de traitement. Parmi ces maladies, les infestations par des parasites, qui trouvent sous les tropiques des conditions favorables à leur développement (12) ne sont pas des moindres. Les parasites externes dont les arthropodes et notamment les acariens renferment les tiques qui outre leur rôle anémiant par prélèvement de sang, transmettent de nombreuses maladies dont le diagnostic est difficile (7).

La méthode la plus utilisée pour le contrôle des tiques dans les systèmes de production intensifs est l'application des acaricides. Par contre, chez les petits éleveurs, le détiquage manuel ou l'utilisation des plantes médicinales locales semble plus généralisée. Certaines tiques ont développé des résistances à tous les acaricides utilisés (2, 6, 12, 13).

De nombreuses plantes contiennent dans leurs écorces, dans leurs fruits, leurs racines et leurs feuilles, des substances à propriétés thérapeutiques: tannins, alcaloïdes, etc. (9). Les huiles essentielles sont douées de toute une gamme d'activités biologiques. Elles sont cicatrisantes, antiseptiques, anti-inflammatoires, antipyrétiques, antispasmodiques, insecticides, bactéricides, fongicides, etc... (8). La phytothérapie ou le soin par les plantes est une forme

¹- Université de Dschang, F.A.S.A, Département des Productions Animales, B.P. 222 Dschang, Cameroun.

²- Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie Animale, B.P. 67 Dschang, Cameroun.

Reçu le 11.07.00. et accepté pour publication le 29.05.02.

de thérapie très peu coûteuse et de nombreuses préparations ont fait preuve d'une remarquable efficacité (9). C'est au vu de tout cela qu'un programme de recherche sur les plantes locales ayant des effets acaricides a été entrepris à l'Université de Dschang.

L'objectif essentiel de ce travail est de tester l'effet de l'huile essentielle des feuilles de l'*Ageratum houstonianum* dont l'efficacité pour le contrôle des parasites des denrées alimentaires avait déjà été démontrée sur *Rhipicephalus appendiculatus*, ectoparasite des petits ruminants, à Dschang dans l'ouest-Cameroun.

Matériel et méthodes

Récolte des feuilles et extraction de l'huile essentielle.

- Matériel végétal

Les feuilles de *A. houstonianum* étaient récoltées en mars 1999 dans le campus de l'Université de Dschang et ses environs. Elles étaient ramenées au Laboratoire de Chimie Appliquée et Environnementale (LCAE), où l'extraction avait lieu.

- Extraction et caractérisation chimique de l'huile essentielle

L'extraction de huile essentielle a débutée par l'introduction des feuilles hachées de *A. houstonianum* dans un ballon de 2 litres dans lequel a été ajouté de l'eau distillée. L'hydrodistillation s'est faite pendant 10 heures environ avec un appareil de type Clevenger modifié. L'huile essentielle collectée a été déshydratée par du sulfate de sodium anhydre et le produit obtenu de couleur jaune-pâle, d'odeur forte et persistante était conservé à température ambiante à l'abri de la lumière.

L'analyse chimique en vue d'identifier les principaux constituants de cette huile s'est faite par GC-MS à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 II couplé à un spectrophotomètre de masse sélectif HP 5972 utilisant une colonne capillaire de type DBwax (60 m x 0,25 mm). Le four était programmé à une température variant entre 60 et 220 °C, à une vitesse de 5 °C/mn et utilisant l'hélium comme gaz vecteur. La vitesse d'écoulement était de 0,9 ml/mn; la température d'injection de 230 °C et celle de l'interphase de 240 °C.

Les différents constituants volatils ont été identifiés à partir de leur spectre de masse et/ou de leur indice de rétention en comparaison avec les données standard de référence de la banque des données de l'Institut für Getreide Verarbeitung GmbH de Berlin en Allemagne où la caractérisation a été effectuée. La quantification de chaque composé a été effectuée par intégration de son pic sur le spectre du chromatographe en phase gazeuse.

Matériel animal

- Récolte des tiques et leur conditionnement

Les tiques du genre *R. appendiculatus* mâles et femelles, couramment rencontrées sur les ruminants

dans les Hautes Terres de l'ouest-Cameroun, ont été récoltées sans briser leur rostre sur les chèvres de la Ferme d'Application et de Recherche (FAR) et dans les différents quartiers de la ville et les villages environnants. Les tiques utilisées avaient une taille moyenne de 4,09 mm dans un état de réplétion faible à nul.

- Identification de la tique

Pour l'identification des tiques, les spécimens récoltés sur les chèvres ont été fixés à l'acétate d'éthyle et identifiés à la loupe. Les clés de détermination de genres d'ixodides proposés par Cable (4) et Fain (5) pour identifier les tiques du genre *Rhipicephalus* et de l'espèce *appendiculatus* ont été utilisées.

Tests biologiques

- Préparation des doses d'huile essentielle

Après plusieurs tests préliminaires, quatre doses d'huile essentielle ont été utilisées et préparées en diluant chaque fois dans 1ml de solvant (acétone) les volumes successifs de 1, 2, 4, et 8 µl de produit. Chaque dose était uniformément répandue à l'aide d'une micropipette sur une rondelle de papier filtre de type Whatman N° 1 de 9 cm de diamètre (63,62 cm²). Après évaporation complète du solvant (temps nécessaire: 20 mn) on obtenait les doses respectives de 0,016; 0,031; 0,062 et 0,125 µl/cm² sur chaque papier filtre. Un cinquième lot était imprégné de solvant, et servait de témoin.

- Tests

Les tests ont consisté en l'évaluation de la toxicité par contact de l'huile essentielle par les tiques, en laboratoire à une température moyenne de 24 °C et une humidité relative de 70%. Chaque traitement (dose) comportait 4 répétitions et chaque répétition était constituée de 10 tiques non sexées choisies au hasard et introduites dans une boîte de pétri. Les comptages des tiques mortes se faisaient toutes les 24 heures pendant 8 jours. Le pourcentage de mortalité dans chaque boîte était calculé en utilisant la formule d'Abbott (1):

$$M_c = \frac{M_0 - M_t}{100 - M_t} \times 100$$

où: M_c = taux de mortalité corrigé;

M_0 = taux de mortalité dans les boîtes traitées;

M_t = taux de mortalité dans les boîtes témoins (mortalité naturelle).

Analyse des données

Les données obtenues ont été soumises à l'analyse de variance (10) après correction des mortalités observées par rapport à celles des témoins et, les différences entre les traitements quand elles existaient, étaient séparées par le test de la plus petite différence significative. La régression du logarithme de la dose en fonction des probits a permis de déterminer la DL₅₀.

Résultats et discussion

Le rendement de l'extraction de l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* était de 0,2%. Le tableau 1 présente les principaux constituants chimiques de cette huile. De ce tableau, il ressort que cette huile est

Tableau 1
Principaux constituants chimiques de l'huile essentielle des feuilles de *Ageratum houstonianum*

Nom du composé	Teneur (%)
Isocaryophyllen	0,76
β -caryophyllen	19,41
α -caryophyllen (Humulen)	1,01
Germacren D	0,91
β -sesquiphellandren	1,32
Demethoxy ageratochromen (précocène I)	73,38
Ageratochromen (précocène II)	1,20

particulièrement riche en précocène I (73,38%) suivi par le β -caryophyllen (19,41%). Le précocène II ne représente que 1,20%. Le tableau 2 présente les pourcentages des mortalités cumulées corrigées par rapport au témoin chez *R. appendiculatus* avec leurs écart-types aux différentes doses (en $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) de l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* au cours du temps.

Du tableau 2, il ressort que le pourcentage de mortalités cumulées croît avec la dose de l'huile essentielle des feuilles dans le temps pour atteindre la mortalité maximale (100%) des tiques dans les lots traités le sixième jour pour ce qui est de la plus forte dose

mortalité observée avec la dose la plus faible. La mortalité dans les deux autres doses (0,031 et 0,062 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) n'était pas significativement différente de la mortalité causée par la plus forte dose. Le deuxième jour, la même tendance a été observée.

Le troisième jour, les deux doses les plus élevées (0,062 et 0,125 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) ont causé significativement ($p > 0,05$) plus de mortalités, suivies des deux autres doses les plus faibles (0,016 et 0,031 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$).

La mortalité due à la dose témoin était toujours la plus faible ($2,5 \pm 5,0$) et significativement différente de celle des lots traités à l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* le quatrième jour. Le même résultat a été observé le cinquième jour.

Le sixième jour, les résultats observés du lot témoin étaient significativement différents de ceux du lot traité avec la dose 0,016 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ et les mortalités de cette dernière étaient significativement ($p > 0,05$) différentes de celles des autres doses, qui n'étaient pas significativement différentes entre elles. Il en était de même le septième jour, et enfin le huitième jour seuls les résultats du témoin ($10,0 \pm 8,2$) étaient significativement ($p > 0,05$) différents de ceux des lots traités à l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum*, qui avaient exterminé le reste de leurs populations de *R. appendiculatus*.

L'ajustement des pourcentages de mortalités cumulées moyennes en fonction des doses de l'huile essentielle des feuilles au cours du temps (Tableau 3) a permis d'obtenir l'équation de régression suivante:

$$Y = 170,27X + 65,009 \quad (R^2 = 0,73)$$

Tableau 2
Effet de l'huile essentielle des feuilles de *Ageratum houstonianum* sur *Rhipicephalus appendiculatus*

Durée d'exposition (en jours)	Doses ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$)				
	Témoin	0,016	0,031	0,062	0,125
1	0,0 \pm 0,0 ^c	20,0 \pm 8,2 ^b	27,5 \pm 9,6 ^{ab}	30,0 \pm 8,2 ^{ab}	35,0 \pm 5,77 ^a
2	0,0 \pm 0,0 ^c	40,0 \pm 8,2 ^b	55,0 \pm 5,8 ^a	57,5 \pm 9,6 ^a	67,5 \pm 12,58 ^a
3	0,0 \pm 0,0 ^c	55,0 \pm 5,8 ^b	62,5 \pm 5,0 ^b	72,5 \pm 5,0 ^a	80,0 \pm 8,16 ^a
4	2,5 \pm 5,0 ^d	56,4 \pm 5,1 ^c	66,6 \pm 5,1 ^b	82,0 \pm 5,1 ^a	89,7 \pm 8,37 ^a
5	7,5 \pm 5,0 ^d	62,2 \pm 6,2 ^c	86,5 \pm 5,4 ^b	94,6 \pm 6,2 ^a	97,3 \pm 5,55 ^a
6	10,0 \pm 8,2 ^c	69,5 \pm 10,6 ^b	97,2 \pm 5,5 ^a	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,00 ^a
7	10,0 \pm 8,2 ^c	91,7 \pm 5,6 ^b	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,00 ^a
8	10,0 \pm 8,2 ^b	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,0 ^a	100,0 \pm 0,00 ^a

abc: les pourcentages de mortalité (Mc \pm e.t) dans chaque ligne suivis d'une même lettre ne sont pas significativement ($p > 0,05$) différents. Mc= Mortalité corrigée.

(0,125 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$), et le huitième jour avec la plus faible dose (0,016 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$). La mortalité maximale dans le lot témoin n'était que de 10% au moment où on observait 100% de mortalité avec la plus faible dose. L'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* est donc toxique pour *R. appendiculatus*.

Les résultats de l'analyse de variance des données de mortalité journalière cumulées en fonction de la dose (Tableau 2) ont permis d'observer des différences significatives ($p > 0,05$) entre les traitements. A la fin du premier jour, la mortalité observée dans le lot témoin était significativement ($p > 0,05$) différente de la

Tableau 3
Pourcentages de mortalités cumulées moyennes de *Rhipicephalus appendiculatus* en fonction des doses d'huile essentielle des feuilles de *Ageratum houstonianum*

Doses ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$)	Mortalités cumulées moyennes	Ecart-type
0,016	61,85	\pm 25,38
0,031	74,42	\pm 25,23
0,062	79,58	\pm 24,53
0,125	84,03	\pm 22,70

Cet ajustement a permis d'obtenir des résultats relativement intéressants comme le montre le coefficient de détermination R^2 associé à la droite qui indique que 73% de la variation de l'effet du traitement peut être expliqué par la droite de régression. Il apparaît ainsi que la grande partie des mortalités cumulées n'est due qu'aux effets des différentes doses.

La transformation des pourcentages de mortalités après le deuxième jour d'exposition en probit nous permettait de rester dans l'intervalle des doses appliquées et a permis d'obtenir les données du tableau 4. La régression de ces données en fonction du logarithme de la dose a permis d'obtenir l'équation suivante:

$$Y = 0,7312X + 6,1189 \quad (R^2 = 0,93)$$

Tableau 4

Logarithme des doses d'huile essentielle des feuilles de *Ageratum houstonianum* et les probits de pourcentages de mortalité de *Rhipicephalus appendiculatus* après deux jours d'exposition

Doses	Log (dose)	Mortalité (%)	Probit (Y)
0,016	-1,796	40,0	4,7467
0,031	-1,509	55,0	5,1257
0,062	-1,208	57,5	5,1891
0,125	-0,903	67,5	5,4538

Cette régression a également permis d'obtenir des résultats très intéressants comme le montre son coefficient de détermination. La DL_{50} déterminée à partir de cette équation était de 0,02949 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$.

D'après l'analyse chimique (Tableau 1) le précocène I est le constituant le plus important de cette huile essentielle. La toxicité de cette huile essentielle à

l'égard de *R. appendiculatus* pourrait être attribuée à ce composé donc l'activité antijuvénile a été démontrée contre les insectes (3, 11). En effet, d'après Bowers *et al.* (3), lorsque les insectes sont en contact avec les précocènes, ils induisent chez les adultes la stérilité et chez les insectes immatures une métamorphose précoce conduisant aux adultes prématurés qui meurent immédiatement. Il est probable qu'il agit de la même manière sur les tiques. Ceci s'opérerait par une activation de ce précocène grâce au métabolisme de l'insecte et aboutirait à la production d'époxyde qui réagirait avec les protéines du «corpora allata» et le détruirait. Les précocènes sont des substances chimiques hautement sélectives qui s'attaquent aux aspects spécifiques du système endocrinien de l'insecte provoquant non seulement un effet toxique mais aussi des désordres dans le processus de développement et de reproduction.

Conclusion

De ce travail, il apparaît que l'huile essentielle des feuilles de *A. houstonianum* a un effet toxique sur les tiques du genre *Rhipicephalus*. Le pourcentage des mortalités cumulées observé avec l'huile essentielle des feuilles de cette plante croît avec la dose. La DL_{50} observée était de 0,02949 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ au 2^{ème} jour de l'esai.

Les essais en milieu réel restent à effectuer pour évaluer l'efficacité pratique du produit. Car, les composés de l'huile étant volatils, il est possible qu'appliqués sur la chèvre, ils puissent disparaître avant d'agir sur les tiques. L'adaptation des techniques d'extraction et du mode de conditionnement au contexte villageois est fondamentale pour rendre le produit accessible aux plus démunis que sont les petits éleveurs. Il en est de même des tests de l'activité de l'huile sur les autres tiques si l'on veut généraliser l'utilisation de ce produit car on observe en fonction des espèces une grande variation de sensibilité aux acaricides.

Références bibliographiques

- Abbott W.S., 1925, A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* Vol. 18, pp. 265-267.
- Barnett S.F., 1961, The Control of ticks on livestock. *FAO Agricultural studies*, n° 54, pp. 1-106.
- Bowers W.S., Ohta T., Cleere J.S. & Marsella P.A., 1976, Discovery of insect anti-juvenile hormone in plant. *Science*, 193, 542-547.
- Cable R.M., 1977, An illustrated Laboratory Manual of parasitology, 5th ed., Burgess Publishing compagny. pp. 211-214.
- Fain D.A., 1975, Entomologie médicale avec compléments vétérinaires. Institut de médecine tropicale, Prince Leopold. 115p.
- Hall H.T.B., 1983, Diseases and parasites of livestock in the tropics, 2nd ed. Longman Scientific & technical Intermediate Tropical agriculture series, 328p.
- IEMVT., 1989, Elevage des moutons en zone tropicale humide. Laballery-Clamecy. 207p.
- Kuiate J.R., 1993, Détermination des teneurs, des propriétés chimiques et des activités antimicrobiens des huiles essentielles de quelques Astéracées utilisées en médecine traditionnelle au Cameroun. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Yaoundé I, 217p.
- Lhoste P., Dolle V., Rousseau J. & Soltner D., 1993, Manuel de zootechnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage; Collection précis d'élevage, Ministère de la coopération, pp. 18-218.
- Mc Clave J.T., Dietrich II, F.H. 1979, Statistics. Dellen Publishing Compagny, San Francisco, California, 681p.
- Hta T., Kuhr R.J. & Bowers W.S., 1977, Radiosynthesis and metabolism of the insect anti-juvenile hormone, Précocène II. *J. Agric. Food. Chem.* 25, 478-481.
- Ukoli F.M.A., 1984, Introduction to parasitology in tropical Africa. John Wiley and sons LTD, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 464p.
- Wharton R.H., 1976, Les maladies du bétail transmises par les tiques et leurs vecteurs. Résistance aux acaricides. *Revue Mondiale de Zootechnie, FAO*, 20, pp. 8-15.

E. Tedonkeng Pamo, Camerounais, Université de Dschang, F.A.S.A, Département des Productions Animales, B.P.222 Dschang, Cameroun.

L. Tapondjou, Camerounais, Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie Animale, B.P. 67 Dschang, Cameroun.

G. Tenekeu, Camerounais, Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie Animale, B.P. 67 Dschang, Cameroun.

F. Tendonkeng, Camerounais, Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie Animale, B.P. 67 Dschang, Cameroun.

Evaluation de l'efficacité de la *Bacillus thuringiensis* contre les larves et imagos de *Andrector ruficornis* sur des plants de *Solanum tuberosum* au Cameroun

Z. Ambang*, N.D. Omokolo**, I.S. Ouzounov***

Keywords: Biological pest control– *Bacillus thuringiensis*– *Andrector ruficornis*– *Solanum tuberosum*– Cameroon

Résumé

La toxicité de la *Bacillus thuringiensis* vis-à-vis des larves et des imagos de *A. ruficornis* (insecte phyllophage) a été étudiée en champ sur pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Les résultats montrent que, une heure après le traitement des plantes par une suspension aqueuse de spores de *Bacillus thuringiensis* à la concentration de 1,4 g/l, on observe une paralysie des larves et des imagos sur les plants et un début de mortalité après 48 heures. Le taux de mortalité est de 100% après 72 heures. Le traitement des plantes à la bitoxibacilline (poudre de spores de *Bacillus thuringiensis*) s'accompagne d'une augmentation du rendement (32%) en tubercules (34 t/ha contre 26 t/ha chez le témoin). En outre, la teneur des tubercules en amidon augmente de 18 à 27% et celle de la vitamine C de 9,7 à 11,9 mg/100g de matière sèche. Les observations montrent que la poudre de *Bacillus thuringiensis* est un insecticide efficace et spécifique des Chrysomelidae de la pomme de terre.

Summary

Evaluation of the Efficiency of *Bacillus thuringiensis* on Larvae and Adults of *Andrector ruficornis* on *Solanum tuberosum* plants in Cameroon

The efficiency of *Bacillus thuringiensis* as an insecticide on the larvae and adults of *A. ruficornis* (a leaf eating pest) was investigated on *Solanum tuberosum* plants grown in the field. The results show that, one hour following the treatment of *A. ruficornis* with a 1.4 g/l suspension of *Bacillus thuringiensis*, larvae and adults are paralysed on the plants. A high mortality of the insects is observed 48 hours later and the mortality rate reaches 100% after 72 hours. The use of bitoxibacilline (made of *Bacillus thuringiensis* spores) results in an increase in tuber production (32%) as well as the starch of tubers (from 18 to 27% of fresh weight) and vitamin C (from 9.7 to 11.9 mg/100g fw of tubers). Our observations show that *Bacillus thuringiensis* powder is an efficient insecticide specific to potato Chrysomelidae.

Introduction

La culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) a été introduite dans certaines zones agroécologiques du Cameroun depuis le 19^e siècle (8). Avec une production de 220.000 tonnes (15), la pomme de terre occupe une place très importante parmi les tubercules commercialisés au Cameroun.

Outre les problèmes liés à son écologie, la pomme de terre reste l'une des plantes les plus susceptibles aux insectes et maladies (2). En zone tropicale, *Andrector ruficornis* dont les larves adultes se nourrissent des feuilles, compte parmi les insectes ravageurs les plus importants (9).

Les larves et les imagos de *A. ruficornis* détruisent entièrement les feuilles ce qui réduit fortement le pouvoir photosynthétique de la plante. Lors d'apparition massive, ce chrysomélide peut causer une baisse de plus de 50% du rendement en tubercules (16). Malgré les mesures phytosanitaires largement mises en œuvre, les *Chrysomelidae* restent un problème dans

les régions de production intensive de pomme de terre (5).

Les mesures généralement prises pour lutter contre ce ravageur comprennent d'une part, la plantation des variétés résistantes aux insectes (résistance qui après quelques années est surmontée par les insectes) (3) et d'autre part, la lutte chimique qui, bien qu'ayant une certaine efficacité a des effets négatifs sur l'environnement (17).

Vu les faiblesses des méthodes phytosanitaires, les populations de *Chrysomelidae* sont élevées dans les régions de production de la pomme de terre, d'où l'intérêt de rechercher des méthodes de lutte alternatives. Dans ce travail, nous analysons les effets d'un traitement des plants de pomme de terre par la bitoxibacilline contre les larves et les imagos de *Andrector ruficornis*. La bitoxibacilline est une poudre à base de spores de *Bacillus thuringiensis* qui a une action spé-

* Laboratoire de Biotechnologie, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences Université de Yaoundé I, B.P. 812 Yaoundé - Cameroun.

** Centre de Biotechnologie Nkolbisson, Université de Yaoundé I, B.P. 812 Yaoundé - Cameroun.

*** Département de protection des végétaux, Faculté d'Agriculture, Université de Russie de l'Amitié des Peuples, Moscou - Russie.

Reçu le 19.01.01 et accepté pour publication le 05.06.02.

cifique vis-à-vis des coléoptères de la famille des *Chrysomelidae*.

Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée d'une part, en milieu paysan sur les hauts plateaux de l'ouest Cameroun dans la région de Bambui et d'autre part, au laboratoire de Biotechnologie du Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I.

La région de Bambui, située à 1600 m d'altitude est une zone agroécologique favorable à la culture de la pomme de terre (variété CIPIRA). La saison des pluies s'étend de la mi-mars à la mi-novembre et la pluviométrie annuelle moyenne est de 2200 mm; la température moyenne maximale est de 23,1 °C et la minimale de 16,6 °C.

L'étude a été menée en saison des pluies avec des larves de différents stades de développement ainsi que sur des adultes de *Andrector ruficornis*. Les essais sont réalisés en conditions naturelles sur des plantes de pomme de terre variété CIPIRA.

Deux insecticides ont été utilisés: la poudre de bitoxibacilline: bioinsecticide d'origine bactérienne, de fabrication russe, conçu à base des premiers sérotypes de *Bacillus thuringiensis*, souche M1, sérotype I (1, 6, 7) et la deltaméthrine: pyréthrianoïde synthétique (de nom commercial Décis) à titre d'étalon de comparaison. Un témoin non traité est inclus dans l'essai.

Les préparations ont été utilisées en suspension aqueuse à la dose de 1,4 g/l pour la bitoxibacilline et 0,03 g/l (pds/v) pour la deltaméthrine lors de la première pulvérisation; et 0,7 g/l et 0,015 g/l respectivement pour bitoxibacilline et deltaméthrine lors du second traitement, qui a eu lieu 15 jours après le premier qui a lieu au stade de boutonisation. Le traitement des plantes se fait par pulvérisation de la suspension aqueuse à l'aide d'un pulvérisateur à pression portatif de capacité 12 l. Les normes des préparations utilisées sont de 3 kg/ha et 0,3 l/ha pour la bitoxibacilline et la deltaméthrine respectivement

L'essai est exécuté en champ, sur des parcelles randomisées de 16 m² en raison de 50 plantes par parcelle en 4 répétitions.

L'efficacité des traitements est évaluée par comptage des insectes vivants présents sur les plantes. Le comptage se fait sur 16 plantes par parcelle (en évitant les lignes de bordure) avant chaque pulvérisation après 1; 24; 48 et 72 heures.

L'efficacité des préparations est évaluée par rapport à la mortalité des insectes après traitement et lors de chaque comptage. Le rendement en tubercules a été estimé après pesée à l'aide d'une balance (marque Sheng Ghan) de 0,01 g de précision.

L'influence des insecticides sur la qualité des récoltes a été déterminée en laboratoire par le dosage des teneurs en amidon et en vitamine C dans les tubercules frais. Le dosage de l'amidon est réalisé par la méthode polarimétrique de Pavliukov (18) en présence d'HCl. Le dosage de la vitamine C est réalisé par la méthode chimique (12). Le pourcentage de

matière sèche est calculée selon la méthode de Peterboursky (18).

Les analyses statistiques des données sont effectuées d'après Waller-Dukan K-ratio (22, 20).

Les modifications morphologiques ou anatomiques (déformation des pattes et des antennes, apparition des boursouflures sur les pattes et la destruction du *labium* de l'insecte) ont été observées au microscope photonique (OLYMPIUS CH-2) à l'objectif x40. Les structures internes sont observées à l'objectif x100 après dissection des individus contaminés ou non.

Résultats

Taux de mortalité de *A. ruficornis* après traitement aux insecticides

La population relativement élevée de *A. ruficornis* sur les plantes avant le traitement montre que les conditions climatiques pendant la période d'expérimentation sont favorables au développement des insectes (Tableau 1). Cette population est évaluée à 112 larves et 12 imagos par mètre carré de surface foliaire. Ce nombre dépasse le seuil économique des dégâts qui est compris entre 8 et 13 individus par plante et qui est déterminé sur un échantillon constitué de 10% des plantes en champ (9). Ce résultat justifie la nécessité d'un contrôle des populations.

Le taux de mortalité des larves et imagos est de 100% 24 heures après le traitement à la deltaméthrine. Ce qui confirme l'efficacité de cet insecticide rapporté chez d'autres plantes des régions tropicales et subtropicales (19).

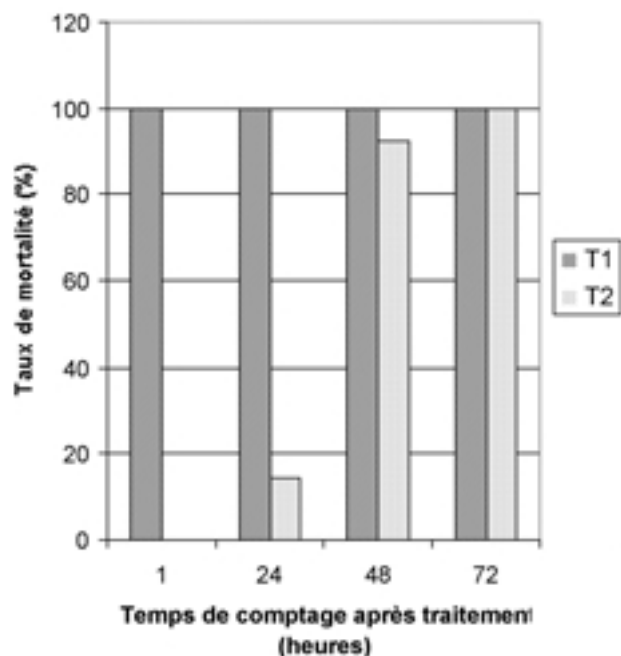


Figure 1: Variation au cours du temps du taux de mortalité de *Andrector ruficornis* (adultes et larves) après traitement à la deltaméthrine (■) et à la bitoxibacilline (□).

Tableau 1
Variation du nombre de larves et des insectes adultes de *A. ruficornis* (par m² de surface foliaire) avant le traitement d'insecticides et après 1, 24, 48 et 72 heures

Traitements	Avant traitement		Après traitement							
	larves	adultes	larves				adultes			
			1 h	24 h	48 h	72 h	1 h	24 h	48 h	72 h
Témoin	112±0,6 ^a	12±0,4 ^a	112±0,6 ^a	112±0,6 ^a	112±0,6 ^a	112±0,6 ^a	12±0,3 ^a	15±0,2 ^a	15±0,2 ^a	17±0,3 ^a
Deltaméthrine	105± 0,2 ^a	8±0,4 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Bitoxibacilline	98±1,2 ^a	7±0,3 ^a	98±1,2 ^a	86±0,4 ^a	8±0,3 ^c	0 ^b	7±0,3 ^c	4±0,3 ^c	0 ^c	0 ^b

Les valeurs d'une colonne non suivies par la même lettre sont significativement différentes à $p < 0,01$ (test de Waller-Duncan K-ratio).

Après le traitement à la bitoxibacilline, la population d'insectes ne diminue pas pendant les premières heures qui suivent le traitement (Tableau 1). Après 24 heures, le taux de mortalité des larves est de 14%, il atteint les 92% après 48 heures et 100% après 72 heures (Figure 1).

Durée d'efficacité de la bitoxibacilline et de la deltaméthrine

Les données du Tableau 2, montrent les fluctuations de la population de *A. ruficornis* après la seconde pulvérisation, qui intervient 15 jours après la première. On constate que sur les plantes non traitées, le nombre de larves est passé de 112 individus au mètre carré (Tableau 1) à 184 quinze jours après et de 12 imagos à 34. Soit des augmentations respectives de 82 % et 141 %. Ce résultat montre que la reproduction et la croissance des insectes sur les plantes non pulvérisées sont normales.

Par ailleurs, on relève que 15 jours après la première application d'insecticides, le nombre de larves est nul et le nombre d'imagos de 3 à 4 par mètre carré (Tableau 2).

Après la seconde application à la bitoxibacilline, et bien que la dose soit réduite de moitié, par rapport à la dose de la première application, le taux de mortalité de *A. ruficornis* est de 50% après 24 heures et de 100% après 48 heures (Tableau 2). Ce résultat indiquerait un effet cumulatif de la bitoxibacilline. Dans nos essais, cette rémanence est estimée à 2 semai-

nes. Des résultats similaires avaient déjà été rapportés sur la tomate après un traitement au même insecticide (11).

Les traitements aux insecticides affectent les pattes et les antennes de l'insecte. Les observations microscopiques montrent l'apparition des boursouffures sur ces organes et la destruction des palpi labiales (maxillaire) sur la lèvre inférieure (*labium*) de l'imago. La dissection des individus atteints montre que l'intestin forme des nœuds qui sont absents chez l'imago vivant et non atteint probablement à cause de la présence de cristaux d'endotoxine chez les individus contaminés.

Influence de la bitoxibacilline sur le rendement et la qualité des tubercules de pomme de terre

La diminution de la population de *A. ruficornis* suite aux traitements insecticides, entraîne une augmentation significative des paramètres de récolte (Tableau 3). Le rendement en tubercules est de 26 t/ha pour les plantes non traitées, de 33 et 34 t/ha chez les plantes traitées respectivement à la deltaméthrine et à la bitoxibacilline: soit des augmentations respectives de 7 t/ha et 8 t/ha. Le traitement des plantes par les insecticides joue un rôle positif sur l'accumulation des substances nutritives chez la pomme de terre. Les tubercules issus des plantes traitées ont une teneur en matière sèche de 32 et 34% respectivement pour les plantes traitées à la deltaméthrine et à la bitoxibacilline alors qu'elle est de 25% dans les tubercules des plantes non traitées (Tableau 3).

Tableau 2
Variation du nombre de larves et d'insectes adultes de *A. ruficornis* (par m² de surface foliaire) 1h, 24 h et 48 h après le second traitement soit 15 jours après le premier

Traitements	Avant le 2 ^e traitement		Après le 2 ^e traitement					
	larves	adultes	larves			adultes		
			1 h	24 h	48 h	1 h	24 h	48 h
Témoin	184±0,3 ^a	34±0,3 ^a	184±0,3 ^a	184±0,3 ^a	184±0,3 ^a	34±0,3 ^a	34±0,3 ^a	34±0,3 ^a
Deltaméthrine	0 ^b	3±0,2 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Bitoxibacilline	0 ^b	4±0,1 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	4±0,1 ^c	2±0,1 ^c	0 ^b

Les valeurs d'une colonne non suivies par la même lettre sont significativement différentes à $p < 0,01$ (test de Waller-Duncan K-ratio).

Tableau 3
Influence de la bitoxibacilline et de la deltaméthrine sur la production de la pomme de terre par plante, le rendement en tubercules par hectare, l'accumulation de la matière sèche, de l'amidon et la teneur des tubercules en vitamine C

Traitements	Production (g/plante)	Rendement (t/ha)	Matière sèche (% P.F)	Amidon (% P.F.)	Vitamine C (mg/100 g P.F.)
Témoin	88±0,3a	26±0,2a	25±0,1a	18±0,1a	9,7±0,5a
Deltaméthrine	101±0,3 a	33±0,3 b	32±0,3b	25±0,2 b	10,1±0,3b
Bitxicibacilline	105±0,2 a	34±0,1b	34±0,3b	27±0,1b	11,9±0,2b

Les valeurs d'une colonne non suivies par la même lettre sont significativement différentes à $p < 0,01$ (test de Waller-Duncan K-ratio).

Les analyses montrent que le traitement des plantes aux insecticides augmente de manière significative la teneur des tubercules en amidon (soit un accroissement de 9% par rapport au témoin), légèrement la teneur en vitamine C des tubercules qui est de 11,9 et 10,1 mg/100 g de tubercules respectivement pour les plantes traitées à la bitoxibacilline et à la deltaméthrine alors qu'elle est de 9,7 mg/100 g de tubercules pour les plantes non traitées.

Discussion

La poudre de bitoxibacilline contient $4,5 \times 10^{10}$ spores par gramme de *Bacillus thuringiensis* (type *thuringiensis*), des cristaux d'endotoxine et d'exotoxine dont les teneurs varient entre 0,6 et 0,8% (10). En suspension dans l'eau, la bitoxibacilline pénètre dans les feuilles traitées. Lorsque celles-ci sont ingérées, les cristaux de toxines et les spores bactériennes se fixent sur l'endothélium et endommagent la paroi intestinale; puis pénètrent dans l'homolymphe de l'insecte (6, 7). Ce type d'effet insecticide a été décrit chez *Anopheles gambiae* après traitement par une poudre de *Capsicum annum* en suspension dans l'eau (14).

Dans les cellules de la plante et de l'insecte, les spores se développent en bactéries qui à leur tour produisent les toxines. L'action de l'insecticide dure 48 heures environ, ce qui explique le très faible taux de mortalité des individus pendant les premières 24 heures qui suivent le traitement.

Entre 48 heures et 72 heures après traitement, la mortalité de *A. ruficornis* augmente régulièrement et atteint 100%. Ce taux maximum correspondant à l'accumulation des différentes substances toxiques sécrétées par les bactéries en activité dans l'organisme de l'insecte. La mortalité relative observée après 24 heures pourrait s'expliquer par la présence d'une faible teneur d'exotoxine et des cristaux d'endotoxine dans la poudre (2). Il a été démontré que la toxicité de la bitoxibacilline est due à la production de toxines telles que: la α -endotoxine, la β -exotoxine, la α -exotoxine et la γ -exotoxine (6).

Selon Bondarenko (6), les symptômes typiques de l'action des cristaux de α -endotoxine se manifestent par la paralysie de l'intestin de l'insecte, ce que confirme nos observations microscopiques sur l'intestin des imagos de *A. ruficornis*. L'insecte dans ces conditions ne peut plus se nourrir et la mort survient après 48 heures.

Certains auteurs (7) ont montré que la β -exotoxine est un composant très important du métabolisme de la cellule chez *Bacillus thuringiensis*. Cette toxine est efficace contre les larves. Il a été démontré que la β -exotoxine entraîne un arrêt de la métamorphose de l'insecte et cause un effet tératogène chez les individus adultes (4). Dans nos expériences, l'effet tératogène de la β -exotoxine a été mis en évidence par la destruction du palpi labiale sur le labium de l'appareil buccal des imagos. Cet effet a une conséquence négative sur la nutrition de l'insecte. De même sous l'effet de la β -exotoxine, il apparaît des déformations sur les pattes et les antennes, ce qui explique la paralysie des individus infectés (6).

La α -exotoxine encore appelée phospholipase C est une enzyme qui provoque la dégradation des phospholipides dans les tissus de l'insecte, ce qui conduit à la mort. La γ -exotoxine fait aussi partie des phospholipases. D'après d'autres résultats obtenus sur les insectes ravageurs de la pomme de terre (21), le mode d'action de la γ -exotoxine sur les phospholipides se manifeste par la libération des acides gras de la molécule.

Toutes les toxines sécrétées par *Bacillus thuringiensis* sont spécifiques à un groupe d'insectes dont *Andrector ruficornis*, *Diabrotica innumbla*, *Leptinotarsa decemlineata* et d'autres espèces de la famille des *Chrysomelidae* de la pomme de terre (7). Dans les cellules végétales traitées à la bitoxibacilline, des déphosphorylations ont lieu, et libèrent du phosphate inorganique disponible pour la plante. La bitoxibacilline participerait donc à la nutrition de la plante.

Conclusion

Dans cet essai, les résultats montrent qu'une suspension de poudre de bitoxibacilline à $4,5 \times 10^{10}$ spores par gramme de *Bacillus thuringiensis*, contenant des cristaux d'endotoxine et d'exotoxine a eu une efficacité de 92 à 100% contre les insectes de l'espèce *A. ruficornis*. Cet effet s'est traduit par une augmentation de la production en tubercules de 34%, une teneur plus élevée des tubercules en vitamine C soit 11,9 mg/100 g de tubercules frais contre 9,7 dans le témoin. Cet insecticide pourrait donc être utilisé dans la lutte contre *A. ruficornis* si des essais complémentaires confirmaient cette efficacité. La bitoxibacilline est un bioinsecticide très spécifique qui n'est pas toxique pour la plupart des animaux.

Références bibliographiques

1. Abdel-Hameed A., Carlberg G. & El-Tayed O.M., 1991, Studies on *Bacillus thuringiensis* H-14 strain isolated in Egypt IV. Characterisation of fermentation conditions for δ -endotoxin production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 7, 231-236.
2. Ambang Z., 1996, Efficiency of new pesticides against potato late blight, colorado potato beetle and their action on the plant. Ph. D. Thesis, Agricultural Academy. Moscou, Russie. 10-38
3. Ambang Z. & Ouzounov I.S., 1996, Lutte chimique contre le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*) de la pomme de terre. *In: Communications Scientifiques de l'Année*. Ed. Bibliothèque Centrale de l'Agriculture de Russie, Moscou, Russie. 117-123.
4. Beijer A., 1982, Méthodes microbiologiques de lutte contre les insectes ravageurs. Ed. Agroprom, Moscou, Russie. 91, 172-186.
5. Boiteau G. & Le Blanc J.P.R., 1992, Colorado potato beetle life stages. Ottawa, Canada. 13p.
6. Bondarenko N.V., 1986, Caractéristiques et mécanisme d'action des bactéries du groupe *thuringiensis*. *In: Protection Biologique des Plantes*. Ed. Agroprom, Moscou, Russie. 171, 15-20.
7. Ejoy G.I., 1986, Les insecticides bactériens. *In: Guide de Microbiologie Agricole*. Ed. Univ. De l'Amitié des Peuples, Moscou, Russie. 1080, 85-90.
8. Fonchon P.A.F., 1984, Future plan and strategies for potato research in Cameroun. Plainning Conference of Potato Production in Africa. Bamenda, Cameroun. 33-39.
9. Goullil V.V. & Pamoujack N.G. 1992, Maladies et insectes ravageurs de la pomme de terre. *In: Guide Pratique de Protection des Plantes pour les Fermiers*. Ed. Universitas - Rosagro Service, Kichiniev, Russie. 99, 278-295.
10. Ijevsky S.S. & Goullil V.V., 1986, Dictionnaire de terminologies de la protection biologique des plantes. Ed. Roselkhoz, Moscou, Russie. 299, 34-35.
11. Ivanov N.N., 1991, Méthodes biologiques de lutte contre les insectes sur les cultures maraichères. Ed. Agroprom, Moscou, Russie. 556, 184-196.
12. Jayaraman J., 1981, Laboratory manual in biochemistry. Wiley Eastern Limited, New Delhi, India. 180p.
13. Leskova A.U., 1985, Les bases biologiques des dommages causés par les insectes. Ed. Agroprom. Moscou, Russie. 138, 103-112.
14. Messi J. & Foko Dadji G.A., 1998, Efficacité de l'effet insecticide de *Capsicum annuum* en poudre en suspension dans l'eau sur les larves de *Anopheles gambiae* Giles 1902. *Annales Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun*. 34, 121-124.
15. MINAGRI (Ministère de l'Agriculture), 2000, Production de la pomme de terre. *Annuaire Statistique du Secteur Agricole au Cameroun*. Ed. MINAGRI, Yaoundé, Cameroun. 120-122.
16. Otto D., 1994, Systemic effects of the azadirachtin preparation «neemazal W» on larvae and adults of *Leptinotarsa decem*. Giessen. 21, 39-54.
17. PAN & CTA, 1993, Méthodes intégrées de lutte contre les ennemis des plantes. *In: Pesticides et Agriculture Tropicale: Dangers et Alternatives*. Ed. PAN & CTA, Zurich, Suisse. 332p.
18. Pavliukov V. G., 1988, Méthode de détermination de la teneur d'amidon dans les tubercules de pomme de terre. *In: Guide Pratique de l'Agriculture Tropicale*. Ed. Univ. De l'Amitié des Peuples, Moscou, Russie. 1128, 146-153.
19. Pekenio H.P., Ladonine V.F. & Davidova D.D., 1988, Les péréthrénes et les péréthrénoïdes synthétiques. *In: Produits Chimiques de Protection des Végétaux dans les Zones Tropicales et Subtropicales*. Ed. Université de l'Amitié des Peuples, Moscou, Russie. 1127, 13-140.
20. Peressipkine B.F., Kobalenko S.N., Chelestova B.S. & Acatyp M.K., 1989, Guide Pratique et Méthodologie Expérimentale dans la Protection des Végétaux. Ed. Agroprom., Moscou, Russie. 56-71.
21. Persov M.P., 1991, Les insectes parasites de la pomme de terre et méthodes de lutte. *In: Entomologie Générale et Agricole*. Ed. Agroprom, Leningrad, Russie. 89, 296-304.
22. Waller R.A. & Duncan D.B., 1969, A Bayes rule for the symmetric multiple comparison problem. *Journal of American Statistical Association*. 64, 1484-1499.

A.Z. Ambang, Camerounais, Ph. D., Master of Science en Agronomie, Enseignant, Chercheur au Département de Biologie et Physiologie végétales de l'Université de Yaoundé I.

N.D. Omokolo, Camerounais, Doctorat d'Etat, Enseignant, Chercheur au Département Biologie à l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I. Directeur du Centre de Technologie de Nkolbissong, Université de Yaoundé I.

I.S. Ozounov, Russe, Ph. D., Candidat ès Sciences Biologiques, Ex-Chef du Département Protection des Végétaux. Chef section Phytopathologie, Université de Russie de l'Amitié des Peuples, Moscou, Russie.

Rouissage des tubercules de manioc à partir de “*ped de cuve*” à base de manioc roui

D. Louembé, S.C. Kobawila, S. Keléké, P. Diakabana & Blanche Nkoussou Moulassou

Keywords: Starter– Cassava roots– Retting– Softenmen– Fermentation– Lactic acid bacteria

Résumé

*Les essais de rouissage en laboratoire selon la technique de “*ped de cuve*” à base de manioc roui de 72 et 96 heures et de l'eau diluée à 10% d'un précédent rouissage ont montré la même évolution des caractéristiques physico-chimiques que les rouissages témoins. Tous les milieux de rouissage deviennent acides (pH 4,5) et anaérobie ($pO_2=0,8$ mg/l) avec des températures qui varient entre 22 à 24 °C.*

Du point de vue microbiologique, le nombre de bactéries lactiques augmente au niveau des tuberculesensemencés par rapport au témoin. Leur rôle apparaît dans la préparation des conditions environnementales adéquates (diminution du pH et de la pression partielle en oxygène) pour un rouissage réussi.

*Les rouissages réalisés avec les “*ped de cuve*” réduisent les odeurs des tubercules rouis et la durée de rouissage de 24 à 36 heures. Ces résultats se sont confirmés en milieu réel, dans l'étang. L'utilisation des “*ped de cuve*” permet donc d'améliorer les qualités des produits de rouissage.*

*Les ensemencements avec d'autres types de “*ped de cuves*” (tubercules rouis de 48 heures, eau d'un précédent rouissage non diluée) ne donnent pas les effets recherchés. Ils augmentent le temps de rouissage: le ramollissement des tubercules est observé au bout de 8 à 10 jours.*

Summary

Cassava Roots Retting with Undefined Starter from Retted Cassava Roots

*The retting experiments on laboratory with “*ped de cuve*” method by using retted cassava starter from 72 and 96 hours of fermentation and 10% diluted water from previous retting indicated the same evolution of physical and chemical characteristics than the retting evidences without starter. All retting media became acid (pH 4.5) and anaerobic ($pO_2=0.8$ mg/l) and temperatures varied between 22 °C and 24 °C.*

With respect to microbiological aspects, the lactic acid bacteria number increased on inoculated roots comparatively to evidence. Their role is found with the preparation of adequate environmental conditions (pH and oxygen pressure decreasing for retting success).

*The rettings accomplished with these methods decreased the smell of retted roots and the retting duration from 24 to 36 hours. These results are confirmed in nature especially in ponds. Then, this “*ped de cuve*” method may improve the retting products qualities.*

The inoculations from other products (retted roots from 48 hours of fermentation, undiluted water from a previous retting) did not yield the researched effects. The retting carried out with these products induce prolongation of the retting duration: the roots softening is observed between eight and ten days.

Introduction

La pâte fermentée de manioc est obtenue à partir d'une fermentation spontanée de tubercules de manioc appelée rouissage. De nombreuses études ont été consacrées à la flore microbienne associée (1, 4, 5, 7, 8, 15, 17, 21, 22, 23, 25), aux caractéristiques physico-chimiques et toxique (3, 5, 6, 9, 16, 24, 26), aux produits organiques libérés et aux mécanismes de ramollissement des tubercules de manioc (12) aux technologies du rouissage (11), à la valeur nutritionnelle (10). Au Congo, cette technologie de fermentation qui se fait sur les bords aménagés des rivières, des ruisseaux, dans les étangs, les marigots et de plus en plus dans les bacs de fermentations permet la détoxification, le ramollissement des tubercules et une longue conservation de la pâte fermentée (14). Cependant cette technologie suffisamment maîtrisée

par les populations congolaises est caractérisée par une grande variabilité des qualités organoleptiques des produits finis et de la durée de rouissage ainsi que beaucoup de pertes.

Généralement, l'optimisation des conditions de croissance des micro-organismes ou l'utilisation des ferments spécifiques permettent de mieux maîtriser les procédés, de prévenir ces accidents de fermentation, garantir la réussite des productions et assurer une production plus rapide, plus standardisée et de meilleure qualité. Ainsi, en ce qui concerne le rouissage, Ampe *et al.* (1) ont cherché d'améliorer ce procédé traditionnel par la maîtrise des paramètres physico-chimiques; ils ont montré que sur les six facteurs étudiés: modalités d'épluchage, durée de rouissage,

température, variété et taille de tubercules, inoculation avec du jus d'un précédent rouissage, seule la température avait une influence sur la durée de rouissage qui pouvait être ramenée à 24 heures. Il était donc possible, en chauffant l'eau de rouissage, de raccourcir la durée du rouissage, mais ce procédé est énergétiquement coûteux.

Aussi, des études ont été portées sur l'utilisation des micro-organismes avec Oyewole (27) d'abord, qui met au point un ferment constitué de *Bacillus*, *Klebsiella* ssp., *Candida krusei* pour la fermentation des tubercules de manioc en milieu stérile. Kéléké (12), en inoculant le milieu de fermentation stérile avec une bactérie lactique (*Leuconostoc citreum*) associée à une bactérie non lactique (*Clostridium* MGPP 179), reproduit en laboratoire les principales caractéristiques du rouissage naturel.

L'utilisation de ces ferments, constitués de cultures pures de souches sélectionnées, exige cependant une certaine technicité, des conditions de fermentation et des substrats stériles. En somme, ces procédés sont plus adaptés en milieu industriel (19) qu'en milieu rural où l'utilisation de "pieds de cuve" est plus recommandée.

En effet, les "pieds de cuve", d'un emploi plus simple et n'exigeant pas des conditions aseptiques particulières, résistent relativement bien aux conditions environnementales: la microflore est sélectionnée par l'effet cumulatif de plusieurs facteurs comme la teneur en oxygène, l'activité de l'eau, les antagonismes bactériens. Par ailleurs, la variété de micro-organismes présents dans les "pieds de cuve" créent une richesse de saveurs que l'on ne peut avoir ou imiter avec des starters purs en conditions stériles. L'utilisation de la méthode de "pied de cuve" peut permettre le saut technologique du stade artisanal au stade semi-industriel, comme dans le cas du tempé pour lequel au niveau artisanal des feuilles d'hibiscus portant une microflore mixte dont des souches de *Rhizopus oligosporus* sont empiriquement utilisés (29).

Aussi, par ses caractéristiques, sa facilité d'obtention et d'usage, ses faibles coûts de production, la technique du "pied de cuve" a été choisie dans notre étude en vue de l'amélioration du procédé traditionnel de rouissage.

L'évolution des facteurs environnementaux tel le pH, la pression partielle en oxygène dissous dans l'eau et la température tout comme l'évolution de la microflore totale et lactique ont été étudiés lors des rouissages réalisés avec différents types de "pieds de cuve" aussi bien au laboratoire qu'en milieu naturel.

Matériel et méthodes

1. Origine des tubercules de manioc utilisés

Les tubercules de manioc (*Manihot esculenta*), âgés de 18 mois, proviennent des champs de manioc situés à Ngondji, aux environs de la ville de Pointe-Noire.

2. Préparation des différents "pieds de cuve"

Les préparations constituées d'eau du précédent rouissage ou des tubercules prélevés à 48, 72 et 96 heures du rouissage ont été testées afin de déterminer le meilleur type de "pied de cuve":

"Pied de cuve" 48 heures: Il est constitué des tubercules de manioc broyés issus d'un rouissage de 48 heures;

"Pied de cuve" enrichi 48 heures ou 48 E: Il est obtenu après 3 cycles de fermentation de 48 heures. Au départ de chaque nouveau cycle, le produit en fermentation est ajouté comme starter à la concentration de 10% (P/P). C'est le principe de sélection graduelle de micro-organismes par recyclage de l'inoculum décrit par Nout *et al.* (18);

"Pied de cuve" 72 heures: Il est constitué de racines issues d'un précédent rouissage de 72 heures;

"Pied de cuve" 96 heures: c'est l'essai constitué de la pâte issue d'un rouissage de durée normale de 96 heures;

"Pied de cuve" 10% eau de fermentation ou 10 W: Il est constitué de l'eau d'un précédent rouissage traditionnel de 96 heures, diluée à 10% (V/V);

"Pied de cuve" 100% eau de fermentation ou 100 W: Il est constitué de l'eau d'un précédent rouissage non diluée.

3. Réalisation des essais au laboratoire

Les différents types de tubercules rous (48, 48 E, 72, 96) sont broyés par pilage dans un mortier en porcelaine. Une quantité correspondant à 10% P/P (2 kg pour 20 kg de tubercules à rouir) est placée dans des tonnelets en plastique de 50 litres servant de cuve de fermentation. On ajoute 5 litres d'eau et on homogénéise. Les tubercules préalablement épluchés y sont plongés. Après 15 minutes de contact, on complète à 20 litres d'eau.

Avec les essais 10 W et 100 W, 20 kg de tubercules de manioc préalablement épluchés sont placés dans 20 litres d'eau de fermentation d'un précédent rouissage diluée à 10% ou non diluée.

Ces essais sont menés parallèlement avec des rouissages-témoins réalisés avec des tubercules non ensemencés, placés dans des tonnelets contenant 20 litres d'eau.

Les essais sont conduits à température ambiante et réalisés 9 fois (3 x 3 essais).

4. Réalisation des rouissages en milieu naturel

Les rouissages en milieu naturel sont réalisés dans les étangs avec des racines de manioc préalablement épluchées en présence ou non du "pied de cuve" 96 heures. Ces rouissages ont été répétés trois fois. Les proportions de racines à rouir et de "pied de cuve" sont les mêmes que dans les expériences réalisées au laboratoire (2 kg de "pied de cuve" pour 20 kg de racines de manioc). Les racines inoculées ou non sont introduites dans des sacs en jute communément utili-

sés par les productrices de pâte rouie de manioc. Ces sacs sont ensuite immergés dans les étangs.

5. Analyses physico-chimiques

Les évolutions des paramètres physico-chimiques: pH, pression partielle en oxygène dissous, température de l'eau de fermentation ont été étudiées au temps T_0 , $T_{1\text{jour}}$, $T_{2\text{jours}}$, $T_{3\text{jours}}$ et $T_{4\text{jours}}$ du rouissage.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de table de type HI 9321 Bioblock scientifique; l'évolution de la pression partielle en oxygène dissous est suivie avec l'oxymètre Hanna instrument H I9142 Bioblock; la température est déterminée avec un thermomètre à sonde de type HI 9214 Bioblock scientifique. Les analyses sont effectuées selon les indications des fournisseurs.

6. Analyses bactériologiques

Les bactéries lactiques et la flore totale des "pieds de cuve" et des échantillons de manioc en rouissage ont été dénombrées et déterminées selon la méthodologie classique. Le milieu employé pour la culture des bactéries lactiques est la gélose Man, Rogosa et Shape (milieu MRS) et le Plate Count Agar (PCA) pour la microflore mésophile totale.

L'inoculum est préparé à partir de 6 à 10 tubercules prélevés au hasard et broyés. Dix grammes de broyat sont mélangés à 90 ml d'eau peptonée stérile. Les dilutions successives sont préparées à partir de cette suspension mère. Les milieux de culture sontensemencés avec 0,1 ml des dilutions appropriées à raison de 3 boîtes par dilution. Après ensemencement, les cultures sont incubées à 30 °C pendant 24-72 heures.

7. Ramollissement des tubercules au cours des essais de rouissage

Ce paramètre est très important parce que le principal intérêt du rouissage réside principalement dans le ramollissement des tubercules indispensable pour les transformations ultérieures. L'évolution du ramollisse-

ment des tubercules est apprécié par toucher des tubercules toutes les 24 heures.

Résultats

1. Rouissages en laboratoire

Rouissages témoins

Caractéristiques physico-chimiques

Une diminution du pH est notée au bout de 24 heures de fermentation; il passe de 6,9 à 4,5 en moyenne (Tableau 1). La pression partielle en oxygène décroît également après 24 heures: il passe de 5,12 à 1,24 mg/l et demeure constante à cette valeur pendant le reste du temps de rouissage (Tableau 2). Ainsi après 24 heures de fermentation, le rouissage se déroule en milieu acide et anaérobie. La température varie également au cours de tous les essais de 22,5 à 23 °C (Tableau 3).

Caractéristiques bactériologiques

Après trois jours, le rouissage s'accompagne d'une augmentation de l'ensemble de la microflore; la population des bactéries lactiques passe de $5,2 \cdot 10^5$ à $9,5 \cdot 10^7$ c.f.u./ml et la microflore totale de $6,1 \cdot 10^6$ à $3,3 \cdot 10^8$ c.f.u./ml.

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement total des tubercules a lieu à partir du 4^{ème} jour pour les 9 essais de rouissage comme le révèle le tableau 4.

Essais 48 heures

Caractéristiques physico-chimiques des essais

Les résultats de tous les essais sont similaires à ceux des rouissages témoins (Tableaux 1, 2 et 3): le pH diminue de 6,53 à 4,5; la pression partielle en oxygène de 4,94 à 1,71 mg/l et la température varie de 22,5 à 22,6 °C.

Tableau 1
Evolution des pH (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de "pieds de cuve"

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	6,53 (0,08)	4,67 (0,07)	4,45 (0,15)	4,50 (0,20)	4,50 (0,13)
48 E (σ)	5,84 (0,10)	4,47 (0,10)	4,55 (0,18)	4,75 (0,15)	4,61 (0,11)
72 heures (σ)	6,14 (0,15)	4,53 (0,11)	4,38 (0,19)	4,30 (0,20)	–
96 heures (σ)	6,07 (0,13)	4,27 (0,13)	4,17 (0,12)	4,11 (0,16)	–
10 W (σ)	6,54 (0,20)	4,67 (0,13)	4,45 (0,15)	4,50 (0,20)	4,50 (0,13)
XE (σ)	6,22 (0,27)	4,52 (0,15)	4,40 (0,13)	4,43 (0,22)	4,53 (0,05)
Témoin (σ)	6,90 (0,00)	4,49 (0,08)	4,56 (0,08)	4,51 (0,06)	4,50 (0,07)
100 W (σ)	4,40 (0,07)	4,17 (0,07)	4,20 (0,02)	4,20 (0,07)	4,32 (0,08)
Etang (σ)	5,54 (0,26)	5,63 (0,43)	5,62 (0,30)	4,64 (0,36)	–

XE: Valeur moyenne des pH des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W (σ): écart-type

Tableau 2

Evolution de la pression partielle en oxygène (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de pieds

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	4,94 (0,10)	1,56 (0,13)	1,64 (0,10)	1,81 (0,04)	1,71 (0,11)
48 E (σ)	4,88 (0,11)	1,51 (0,11)	1,36 (0,20)	1,73 (0,11)	1,65 (0,19)
72 heures (σ)	5,11 (0,11)	1,07 (0,15)	1,03 (0,09)	1,08 (0,14)	–
96 heures (σ)	5,12 (0,13)	0,97 (0,10)	0,93 (0,09)	1,00 (0,13)	–
10 W (σ)	4,94 (0,10)	1,56 (0,13)	1,64 (0,10)	1,81 (0,04)	1,71 (0,18)
XE (σ)	5,00 (0,10)	1,53 (0,32)	1,32 (0,29)	1,49 (0,49)	1,69 (0,03)
Témoin (σ)	5,12 (0,08)	1,01 (0,06)	1,10 (0,08)	1,18 (0,17)	1,24 (0,19)
100 W (σ)	3,25 (0,75)	1,07 (0,15)	1,20 (0,10)	1,45 (0,10)	1,45 (0,10)
Etang (σ)	1,96 (0,24)	1,87 (0,20)	1,83 (0,40)	1,71 (0,32)	–

XE: Valeur moyenne des pressions partielles des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W
(σ): écart-type

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement effectif des tubercules ne se produit qu'après 9 jours (Tableau 4).

Essais 48 E

Caractéristiques physico-chimiques

Une acidification du milieu apparaît au cours de tous les essais : le pH passe de 5,84 à 4,61 et se stabilise à cette valeur comme dans les essais témoins avec une disparition rapide de l'oxygène dissous: sa pression partielle chute également comme dans les essais précédents de 4,88 à 1,65 mg/l, révélant que les essais se déroulent en anaérobie. La température varie entre 22,5 et 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement des tubercules ne survient ici également qu'après 9 jours de rouissage (Tableau 4).

Essais 72 heures

Caractéristiques physico-chimiques

Comme dans les précédents essais, après 72 heures, le pH chute de 6,14 à 4,3 et la pression partielle en oxygène de 5,11 à 1,08 mg/l pour tous les essais. Les températures varient de 22,5 à 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Ramollissement des tubercules

Il est effectif et total entre 2 et 3 jours de rouissage pour tous les essais (Tableau 4).

Essais 96 heures

Paramètres du "pied de cuve"

Le pH est de 4,5; les bactéries lactiques sont présentes à la concentration de $27 \cdot 10^7$ c.f.u./ml et la microflore totale est évaluée à $19 \cdot 10^8$ c.f.u. /ml au moment de l'ensemencement.

Tableau 3

Evolution de la température (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de pieds

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	22,60 (0,89)
48 E (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	23,10 (1,08)
72 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	–
96 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	–
10 W (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,04)	22,60 (0,89)
XE (σ)	22,50 (0,00)	22,50 (0,000)	22,80 (0,00)	23,10 (0,00)	22,77 (0,24)
Témoin (σ)	22,50 (0,17)	22,50 (0,170)	22,80 (0,54)	23,10 (0,63)	23,00 (0,82)
100 W (σ)	22,60 (0,41)	22,50 (0,125)	22,75 (0,42)	23,00 (0,61)	23,10 (0,54)
Etang (σ)	28,25 (0,51)	28,05 (0,870)	27,65 (1,62)	27,80 (0,78)	–

XE: Valeur moyenne des températures en °C des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W
(σ): écart-type

Caractéristiques physico-chimiques des essais

Après 72 heures, le pH baisse de 6,07 à 4,11; la pression partielle en oxygène chute de 5,12 à 1,0 mg/l et les températures se situent entre 22,5 et 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Caractéristiques microbiologiques

Pour tous les essais, une augmentation de l'ensemble de la microflore est constatée: la population de bactéries lactiques passe de $4,6 \cdot 10^6$ à $6,2 \cdot 10^8$ c.f.u./ml et la microflore totale de $7,2 \cdot 10^7$ et $6,3 \cdot 10^9$ c.f.u./ml.

Evolution du ramollissement

Le ramollissement complet et homogène des tubercules de manioc survient entre le 2^{ème} et 3^{ème} jour pour tous les essais réalisés avec ce type de "pied de cuve" (Tableau 4).

Essais 100 W*Caractéristiques physico-chimiques*

Le pH de l'eau qui provient d'un précédent rouissage est acide (4,4 à 4,17), la pression partielle en oxygène diminue de 3,25 à 1,075 mg/l pendant le rouissage pour tous les essais. La température varie entre 23,1 et 22,5°C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement n'est obtenu qu'après 8 jours (Tableau 4).

Essais 10 W*Caractéristiques physico-chimiques*

Comme avec les précédents essais, le pH décroît de 6,54 à 4,45; la pression partielle en oxygène dissous chute de 4,94 à 1,76 mg/l. La température varie très peu de 22,5 à 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Les tubercules de manioc sont tous ramollis à partir du 3^{ème} jour dans tous les essais (Tableau 4).

2. Rouissages en milieu naturel (étang)*Caractéristiques de l'inoculum*

Le pH de l'inoculum constitué du "pied de cuve" 96 est de 4,3. Les bactéries lactiques dénombrées sur MRS sont évaluées à $2 \cdot 10^8$ cfu/ml et la flore totale dénombrée sur PCA est de $1 \cdot 10^9$ cfu/ml.

Evolution des caractéristiques physico-chimiques de l'étang

Au temps t_0 , le pH est de 5,54; la pression partielle en oxygène dissous de 1,96 mg/l et la température de 28,25 °C. Après trois jours, on note une diminution du pH (4,64) et la pression partielle en oxygène dissous ne varie que très peu (1,71). La température passe à 27,8 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement de racines de manioc

Un ramollissement complet et homogène est observé au niveau des racines de manioc des sacs témoin non ensemencés à 96 heures tandis que dans les sacs avec des racines inoculées, le ramollissement total survient à 48 heures (Tableau 4). Par ailleurs, les arômes sont moins prononcés avec les racines rouies en présence d'inocula de "pied de cuve".

Evolution de la microflore lactique

Les bactéries lactiques augmentent de $1,4 \cdot 10^8$ cfu/ml à $3,84 \cdot 10^8$ cfu/ml pour les sacs témoins non ensemencés et de $3 \cdot 10^9$ c.f.u./ml à $1 \cdot 10^{11}$ c.f.u./ml pour les essais inoculés.

Discussions - conclusions

Le pH, le pO_2 et les populations microbiennes, au départ du rouissage constituent chacun un facteur influençant le bon déroulement de la fermentation.

S'il n'existe pas de différences significatives du point de vue des paramètres physico-chimiques des essais réalisés au laboratoire avec les différents "pieds de cuve", deux ensembles, néanmoins, de "pieds de cuve" peuvent être distingués. Le premier, comprenant les tubercules rouis de 72 et de 96 heures ainsi que l'eau provenant d'un précédent rouissage diluée à 10%, produit des effets se traduisant par [1] une

Tableau 4
Evolution du ramollissement des tubercules de manioc au cours des différents essais

Essais	Temps (jours)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
48 heures	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
48 E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
72 heures	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
96 heures	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
10 W	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
100 W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Etangs	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

-: pas ramollissement observé de tubercules

+: ramollissement observé des tubercules

réduction du temps de ramollissement des tubercules, 2 à 3 jours, au lieu de 4 à 5 jours, et [2] l'obtention d'un produit ayant une odeur moins forte que le produit témoin. Ces résultats se sont confirmés en milieu réel (étang): ils montrent un effet positif sur la cinétique fermentaire et sur la qualité du produit fini et confirme que la technique de pied de cuve préconisée par Ko (13), Tünçel *et al.* (30) et Nout *et al.* (18, 19, 20) est donc bien appropriée que l'utilisation des cultures pures (28) dans les procédés traditionnels comme le rouissage.

Du point de vue microbiologique, le rôle du "pied de cuve" est bien perceptible; on note une augmentation nette des bactéries lactiques et de la microflore totale lorsque l'essai des rouissages est réalisé avec le "pied de cuve" adéquat; les tubercules rouis constituent un réservoir naturel de micro-organismes.

Cette méthode peut encore être améliorée avec l'emploi de "pied de cuve" enrichi selon la méthode de recyclage utilisée avec succès dans plusieurs cas comme la production du tempé (18). La présence des micro-organismes plus adaptés pourrait en être la raison. La sélection graduelle de micro-organismes favorise par la pression des conditions physico-chimiques les micro-organismes les plus appropriés (18). Dans le cas du rouissage, le pH et l'anaérobiose pourrait favoriser cette sélection.

Le deuxième ensemble de "pieds de cuve" constitués de tubercules rouis de 48 heures et de l'eau provenant d'un précédent rouissage non dilué, ont un effet négatif sur la cinétique du rouissage. Celui-ci se traduit par un retard dans le ramollissement des tubercules (8 à 10 jours), malgré une évolution des facteurs environnementaux (pH, pO₂ et température) similaire à celle des témoins. La différence entre les deux types de

"pieds de cuve" ne peut provenir de la concentration de la population des bactéries lactiques et de la microflore totale qui sont à leur maximum à partir de 48 heures (15). Tout se passerait, comme si ces "pieds de cuve" contenaient des composés qui influenceraient négativement le ramollissement. Les effets positifs sur le rouissage de l'inoculum 10 W qui est dilué confirment cette hypothèse.

Dans les cuves de fermentation, le ramollissement survient après 8 jours lorsque la même eau est réutilisée, alors que dans les étangs où plusieurs rouissages successifs et même simultanés ont lieu, il se produit après 48 heures en présence du "pied de cuve" et 72 heures dans les essais témoins sans "pied de cuve". Les conditions environnementales des étangs (pluie, eaux de ruissellement, eaux d'infiltration, évaporation, échange avec le sol...) pourraient jouer sur la durée de rouissage. En effet, dans les étangs les valeurs de pH sont comprises en fin de rouissage entre 6 et 4 et les pO₂ sont pour la plupart compris entre 2 et 1 mg/l pendant qu'au laboratoire les pO₂ ont des valeurs se situant autour de 0,9 mg/l (15). La diminution du pH et de la pO₂ est moins importante en milieu naturel.

L'utilisation de "pieds de cuve" affectent les qualités organoleptiques du produit final: ils réduisent les odeurs des tubercules rouis. Il est donc possible d'améliorer le goût et l'arôme du produit.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement l'Agence Aire-Développement et l'Unesco d'avoir mis à leur disposition des moyens financiers ayant permis la réalisation de la présente étude.

Références bibliographiques

1. Abe M.O & Lindsay R.C., 1978, Evidence for a lactic streptococcal role in nigerian acid cassava (*Manihot esculenta* Crantz) fermentation. J. Food Protection, 41, 781-784.
2. Ampe F., Agossou A., Treche S. & Brauman A., 1994, Cassava retting, optimization of a traditional fermentation by experimental research methodology. J. Sci. Food Agric., 65, 355-361.
3. Bissett F. H., Clapp R. C., Coburn R. A., Ettlinger M.G. & Long L. Jr., 1969, Cyanogenesis in manioc: concerning lotaustralin, phytochemistry, 8, 22-35.
4. Brauman A., Keléké S., Malonga M., Miambi E. & Ampe F., 1996, Microbiological and Biochemical characterization of cassava retting a traditional lactic acid fermentation for Foo-foo (cassava flour) production. Applied and Environ. Microbiol., 68 (8), 2854-2858.
5. Brauman A., Keléké S., Mavoungou O., Ampe F. & Miambi E., 1995, Etude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique centrale (Congo) In: Agbor-Egbe (T.), Brauman(A.), Griffon (D.) Et Treche (S.), Ed.: Transformation alimentaire du manioc. Paris, ORSTOM.
6. Bulter G.W., 1965, The distribution of the cyanoglucosides linamarin and lotaustralin in higher plants, Phytochemistry, 4, 127.
7. Cereda M. P., 1981, Estudos fisico-quimicos microbianos da esterilizacao e da fermentacao da fécula de mandioca. Thèse, Botucatu, Faculdade de Ciencias Agronomicas, Brésil, 89 p.
8. Collard P. & Levi S., 1959, A two-stage fermentation of cassava. Nature, 183, 620-621.
9. De Bruijn G.H., 1971, Etude du caractère cyanogénétique du manioc. Communication de l'université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas, p. 13-71.
10. Favier J.C., 1971, Valeur alimentaire de deux aliments de base africains: Le manioc et le sorgho. Paris, travaux et documents n° 67, ORSTOM, 122p.
11. Gami N. & Treche S., 1995, Le rouissage sous terre de racines de manioc, une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo). In: Agbor Egbe (T.), Brauman(A.), Griffon (D.), & Treche (S.), éd. Transformation alimentaire du manioc. Paris, O.R.S.T.O.M.
12. Keléké S., 1996, Le rouissage du manioc, contribution à l'étude du phénomène de ramollissement des racines de manioc. Thèse, Université Paris XIII, Val de Marnes, 160p.
13. Ko S.D., 1985, Some microbial aspects of tempe starters. Proceedings, Asian Symposium on non-salted soybean fermentation, Tsukuba, Japan, July 1985, 101-109.
14. Louembe D., Bouanga-Kalou G. & Malonga M., 1998, Bioconservation de la pâte rouie de manioc. Microbiologie, Alimentation, Nutrition, 16, 143-149.
15. Malonga M., Mavoungou O., Kobawila S. C., Louembé D. & Brauman A., 1993, Les bactéries lactiques du manioc au cours du rouissage, Caractérisation et Evolution. Microbiologie, Alimentation, Nutrition, 1, 471-475.
16. Nartey F., 1968, Studies on cassava (*Manihot utilissima* pohl.) Cyanogenesis, the biosynthesis of linamarin and lotaustralin in etiolated seedling. Phytochemistry, 7, 1307-1312.
17. Ngaba P.R. & Lee J.S., 1979, Fermentation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). J. Food Science, 44, 1570-1571.
18. Nout M.J.R., De Dreu M.A., Zuurbier A.M., Bonan T.S. & Van Laar Houen I. A.G., 1987, Ecology of controled soja beans acidification for tempe manufacture. Food Microbiology, 4, 165-172.

19. Nout M.J.R., Martoyunwono T.D., Bone P.C.J. & Odamtten G.T., 1992, Hibiscus leaves for the manufacture of usar, a traditional inoculum for tempe. J. Sci. Agric., 58, 339-346.
20. Nout M.J.R., 1993, Processed weaning foods for tropical climates. J. Food Sci. Nutr., 43, 213-221.
21. Nwakwo D., Anadu E. & Usoro R., 1989, Cassava fermenting organisms. Mircen J., 5, 169-179.
22. Okafor N. 1977, Microorganisms associated with cassava fermentation for gari production. J. Appl. Bacteriology, 42, 279-284.
23. Okafor N., Ijioma B. & Oyolou C. 1984, Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. J. Bacteriol. 56, 13.
24. Okafor N. & Eliofofor M.A.N., 1986, The microbial breakdown of linamarin in fermenting pulp of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), Mircen J., 2, 327-338.
25. Oyewole O. B. & Odunfa S.A., 1988, Microbiological studies on cassava fermentation for «Lafun» production. Food Microbiology, 5, 125-133.
26. Oyewole O.B. & Odunfa S.A., 1989, Effect of fermentation on carbohydrate, mineral and protein contents of cassava during "fufu" production. Journal of food Composition and Analysis, 2, 170-176.
27. Oyewole O. B., 1990, Optimization of cassava fermentation for fufu production: effet of single starter cultures. J. Appl. Bacteriol., 68, 49-54.
28. Pederson.C. S., Albury M.N., 1961, The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers. Food technology, 15, 351-354.
29. Soetarto H.E.S., Takada N. & Oshima Y. 1979, Microflora in ragi and usar. J. Fern. Technol. 57, 251-259.
30. Tüncel G., Nout M.J.R. & Rombouts F.M., 1989, Effect of acidification on the microbial composition and performance of tempe starter. Food Microbiology, 6, 37-43.

D. Louembé, Congolais, Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Maître de Conférences, Faculté des Sciences, Université Marien Nguabi.

S.C. Kobawila, Congolais Doctorat 3^{ème} cycle, Maître Assistant, Faculté des Sciences, Université Marien Nguabi.

S. Keléké, Congolais, Doctorat unique, Chargé de Recherche, Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technologique.

P. Diakabana, Congolais, Diplôme d'Etudes approfondies (DEA), Attaché de Recherche, Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technologique.

Blanche Nkoussou Moulassou, Congolaise, Etudiante, Diplôme Ingénieur de développement rural.

**AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE
CHANGING OF ADDRESS
ADRESVERANDERING
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 notre liste.

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

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

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

Influence de l'âge de la feuille sur les paramètres biologiques et les populations de l'acarien vert du manioc *Mononychellus tanajoa bondar* (Acari: tetranychidae)

A.M. Badegana* & G. Yombo**

Keywords: Biological parameter– Cassava green mite– *Manihot esculenta*– *Mononychellus tanajoa*– Population growth rate

Résumé

L'étude de l'influence de l'âge de la feuille de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) sur les paramètres biologiques et la dynamique des populations de *Mononychellus tanajoa* a été effectuée en laboratoire ($T^{\circ}= 24-26^{\circ}\text{C}$; $HR= 70-90\%$). Le cultivar local Dschang a été utilisé et l'étude a porté sur les feuilles de 15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge. Les résultats obtenus montrent que la durée d'incubation de l'œuf est la plus longue (6,4 jours) et celle du stade deutonymphe la plus courte (1,9 jours). Le taux d'éclosion est très élevé (98%). Il n'y a pas de différence significative ($p= 0,05$) entre les durées de développement de *M. tanajoa* élevé sur les feuilles de différents âges. Par contre la fécondité, qu'elle soit journalière ou totale est plus élevée sur les feuilles jeunes et faible sur celles âgées. Le coefficient de corrélation entre l'âge de la feuille et le taux intrinsèque d'accroissement des populations (r_m) est de $-0,896$ et celui obtenu entre le taux net de reproduction (R_o) et l'âge de la feuille $-0,966$. Ces coefficients ne sont pas significatifs ($P= 0,05$). En outre, ils sont négatifs et en valeur absolue proche de un, ce qui montre que plus la feuille vieillit, plus le développement des populations de *M. tanajoa* qui s'y trouvent est faible. Le développement des populations de *M. tanajoa* est donc rapide sur les feuilles jeunes et lent sur celles âgées.

Summary

The Effect of Leaf Age on the Cassava Green Mite *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) Biological Parameters and Population Growth Rates

The study of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaf age effect on *Mononychellus tanajoa* Bondar biological parameters and population growth rates was studied in laboratory ($T= 24-26^{\circ}\text{C}$; $RH= 70-90\%$). The local Dschang cultivar was used and the study concerned the 15, 40, 65, 90 and 115 days old leaves. The results obtained show that the egg incubation duration was the longest (6.4 days) and that of the deutonymph stage the shortest one (1.9 days). The hatching rate was very high (98%). There was no significant difference ($p= 0.05$) between the developmental stages of *M. tanajoa* reared on the leaves of different ages. On the contrary fecundity whatever it is daily or total was high on young leaves and small on the old ones. The correlation coefficient between the leaf age and the intrinsic rate of increase (r_m) was -0.896 and that obtained between the net reproduction rate (R_o) and the leaf age -0.966 . These coefficients are negative and in absolute value near to one; which shows that the more the leaf is old, the more the *M. tanajoa* population growth is little. The *M. tanajoa* population growth is therefore fast on young leaves and slow on the old ones.

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante très cultivée en Afrique Subsaharienne dans près de trente quatre pays (Figure 1) pour ses tubercules (racines tubéreuses) et jeunes feuilles très consommés. Les tubercules peuvent être mangés pelés et crus, sous forme de bâtons, gari, farine cuite (cous-cous) etc. Les populations africaines souffrent souvent d'un déficit alimentaire et notamment calorifique. Les tubercules, très riches en féculé constituent, par conséquent, une source de calories peu coûteuse (10). Près de 40% de l'ensemble des calories consommés en Afrique proviennent du manioc (1).

Pour ce qui concerne les jeunes feuilles, elles sont consommées cuites comme un légume. En Afrique, le manioc constitue souvent la seule source de nourriture disponible. Toutefois, cette culture est soumise aux attaques de plusieurs ravageurs; parmi ceux-ci, l'acarien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa* Bondar) reste le principal déprédateur. Les pertes de rendement dues à cet acarien ont été estimées à 10-80% dans les essais agronomiques traditionnels (14). Originaire de l'Amérique (11, 12) *M. tanajoa* a été découvert, pour la première fois en novembre 1971 dans le village de Makerere, dans la banlieue de

* Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences agricoles, Département de protection des végétaux, B.P. 96, Dschang, Cameroun.

** Ministère de l'Agriculture, Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 19.03.02 et accepté pour publication le 23.07.02.



Figure 1: Zone africaine de culture de manioc en noir (IITA, 1991).

Kampala en Ouganda (14). Dès lors, cet acarien s'est propagé rapidement dans toute la zone africaine productrice de manioc. Cette propagation s'est faite par le transport de jeunes feuilles vers les marchés pour leur vente et celui des boutures vers les nouvelles zones de culture. L'acarien vert du manioc s'est également propagé sous l'effet des vents à une vitesse de 825 km l'an (13). L'acarien vert du manioc vit généralement à la face inférieure des feuilles. Il se nourrit en rongant le parenchyme foliaire. Il s'en suit la formation des chloroses. Les feuilles gravement infestées sont rabougries (réduites jusqu'au quart de leur taille normale), déformées et semblables à celles soumises à une attaque de la mosaïque (14). Dans le cas d'une infestation grave, les plants perdent leurs feuilles ce qui réduit la surface foliaire et par conséquent la photosynthèse. Ceci affaiblit la plante, ralentit sa croissance et affecte son rendement (7). *M. tanajoa* est un acarien essentiellement phyllophage. De ce fait, l'étude de l'influence de l'âge de la feuille sur ses paramètres biologiques peut permettre de mieux comprendre le développement des populations sur les différents types de feuilles (feuilles jeunes, et vieilles etc.) et, par conséquent, la mise au point d'une stratégie de lutte efficace en vue de le combattre.

Matériel et méthodes

Matériel végétal et mise en place

Le cultivar de manioc local Dschang, très cultivé dans la zone a été utilisé. Il a un port dressé et de nombreuses ramifications. Ses pétioles sont rouges. Sa mise en place a eu lieu le 15 mars 2000. Elle a été effectuée manuellement à partir des boutures de 30 cm de long et 3 cm de diamètre prélevées dans la région basale des tiges. Les boutures étaient mises, chacune, dans un sachet en plastique de 15 litres. Chaque sachet était préalablement rempli de terre issue du sol ferrallitique typique (13: 35: 52, sable/limon/argile; pH de l'eau= 5,0; CEC= 33,7 mEq/100 g) de la ferme expérimentale de l'Université de Dschang. L'orientation des boutures enfoncées dans la terre était uniforme (inclinaison à angle inférieur à 90° vers la droite). Pour protéger les plants contre les attaques de *M. tanajoa*, *Zonocerus variegatus*, etc., les sachets contenant les boutures étaient

placés dans une cage (5 m x 4 x 2) dont la paroi supérieure était constituée de plastique transparent et les parois latérales d'une toile de 0,1 mm de maille. La température à l'intérieur de la cage était de 24-32 °C, l'humidité relative de 50-60% et la photopériode de 12 heures. Trente plants étaient ainsi mis en place.

Détermination de l'âge de la feuille

La date d'apparition de chaque nouvelle feuille sur un plant de manioc est notée, à l'aide d'un feutre à encre indélébile sur une étiquette (8 x 3 cm) en plastique blanc. Celle-ci est accrochée au moyen d'un fil sur le rameau au niveau du pétiole de la feuille. Plus tard, lorsque la feuille est un peu plus développée, l'étiquette est accrochée à son pétiole. L'on peut ainsi connaître, à tout moment l'âge de la feuille par simple soustraction de la date du jour à celle de son apparition. L'étude a porté sur les feuilles de 15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge. Les feuilles de manioc en bon état pouvant rester attachées aux rameaux sans tomber pendant quatre mois et plus. Les feuilles de 15 jours d'âge sont les jeunes feuilles du sommet du rameau ou de la tige, celles de 40 jours sont de maturité moyenne alors que celles de 115 jours sont les vieilles feuilles de la base; la distance qui sépare, sur le rameau leur pétiole de celui d'une jeune feuille du sommet est d'environ 0,40 m. Les feuilles étaient prélevées sur les plants de manioc âgés de 3 à 8 mois.

Souche de *M. tanajoa* et technique d'élevage

La souche de *M. tanajoa* utilisée est prélevée à Dschang au Cameroun où elle cause d'importants dégâts au manioc. Son élevage est effectué en laboratoire selon la technique des disques flottants (5). Les boîtes de Pétri contenant les tétranyques sont placées dans une enceinte où la température est de 24-26 °C et l'humidité relative 70-90%. Deux tubes à fluorescence «phytor» d'une puissance de 18 W chacun, placés à un mètre et demi au-dessus des boîtes assurent l'éclairage 16 heures par jour.

Etude de l'influence de l'âge de la feuille sur quelques paramètres biologiques

Etude de l'influence de l'âge de la feuille sur la fécondité et la longévité des individus

Vingt jeunes femelles prélevées dans l'élevage sont placées à l'aide d'un pinceau fin et sous loupe binoculaire sur un disque de feuille de manioc (3 cm de diamètre). Les œufs pondus lors du transfert sont détruits à l'aide d'une aiguille fine. Après trois heures, ces femelles sont retirées des disques et les œufs pondus (30 au total) considérés comme de même âge. Ces œufs sont élevés jusqu'au stade deutonymph. On ajoute alors vingt-cinq mâles issus d'un élevage d'œufs pondus pendant quatre heures par vingt femelles vierges (la reproduction, chez les Tetranychidae est parthénogénétique arrhénotoque en l'absence des mâles). Cette forte concentration d'individus des deux sexes sur une surface réduite favorise les accouplements. A l'éclosion des téléio-

chrysalides, les femelles néonates dont l'accouplement est observé au binoculaire sont prélevées et placées, chacune, sur un disque foliaire (1 cm de diamètre) issu d'une feuille d'âge connu pour l'étude de la fécondité. Celle-ci est effectuée selon la technique des disques flottants (4). Les disques foliaires utilisés proviennent de feuilles de manioc ayant 15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge. Ils sont prélevés dans la partie apicale et enflée du limbe. Le comptage des œufs est effectué journalièrement. Les disques de feuilles sur lesquels les femelles de *M. tanajoa* se nourrissent et pondent sont remplacés chaque trois jours bien qu'ils soient encore en parfait état. Chaque femelle est alors soigneusement transférée sur un autre disque (1 cm de diamètre) issu d'une feuille de même âge. Ceci est effectué durant toute la période d'oviposition. A la fin de celle-ci, l'élevage a continué sur les disques foliaires de même âge jusqu'à la mort de l'individu, ce qui a permis d'observer la longévité de chaque femelle. La fécondité et longévité de trente femelles fécondées ont été ainsi étudiées sur les feuilles de chaque âge.

Etude de l'influence de l'âge de la feuille sur la durée des stades de développement et le taux de mortalité

Quatre jeunes femelles fécondées de *M. tanajoa* sont placées sur un disque foliaire (1 cm de diamètre). Les observations, sous loupe binoculaire sont alors quasi permanentes. Dès la ponte d'un œuf, ces femelles sont transférées sur un autre disque foliaire de même circonférence. La date et l'heure de la ponte sont notées sur une étiquette adhésive (12 x 19 mm). Celle-ci est collée sur le bord de la boîte de Pétri. Trente œufs ont été, de cette manière, isolément pondus sur les disques foliaires de chaque âge (15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge). L'élevage de chaque œuf est effectué selon la technique des disques flottants (4) sur les rondelles de feuilles (1 cm de diamètre) de même âge. Les observations, sous loupe binoculaire, des disques foliaires sont très régulières. Elles permettent de relever la date et l'heure d'éclosion des œufs, celles du début et de la fin de chaque stade de développement ainsi que le nombre d'individus de chaque stade morts.

Analyse des données

La distribution des populations étant normale, les moyennes ont été séparées selon le test d'arrangements multiples de Student-Newman-Keuls. Les paramètres biologiques obtenus (fécondité journalière, durée du cycle de développement, longévité, taux de mortalité) ont permis de calculer (2, 6) les paramètres de la dynamique des populations suivant:

- Taux intrinsèque d'accroissement des populations (r_m) ou taux réel d'accroissement d'une population dans les conditions bien définies.
- Taux de reproduction (R_o) ou taux de multiplication d'une population en une génération.
- Taux limité d'accroissement (λ) ou taux de multiplication par femelle et par jour.
- Durée moyenne d'une génération (T_g).

La valeur de r_m est obtenue à partir de l'équation:

$$\int_{x=i}^{x=k} l_x m_x e^{-r_m \cdot x} = 1$$

Une méthode approchée de calcul consiste à écrire :

$$\sum_{x=i}^{x=k} l_x m_x e^{-r_m \cdot x} = 1$$

$$R_o = \sum_{x=i}^{x=k} l_x m_x$$

$$T_g = \frac{L_o g_e R_o}{r_m}$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

i = 1^{er} jour d'oviposition

k = Dernier jour d'oviposition

$[i, k]$ = Période d'oviposition

- l_x est la probabilité, pour chaque femelle à sa naissance, c'est-à-dire dès l'éclosion de l'œuf d'être en vie à l'âge x (x en jours). A l'âge zéro, cette probabilité est exprimée par l_0 et on lui attribue la valeur 1,00 ($l_0 = 1,00$). La table de longévité permet de calculer la valeur l_x de chaque femelle.
- m_x est le nombre de femelles produites journalièrement par une femelle. Les valeurs de m_x sont obtenues à partir de la table de fécondité journalière et du sexe-ratio. Le sexe-ratio utilisé est 3,0 (75% de femelles) et il est constant sur toute la période d'oviposition (8).

Un programme informatique SPSS de l'Université de Floride (USA) a permis de calculer ces paramètres.

Résultats

Le tableau 1 présente le taux de mortalité, la durée en jours (moyenne \pm écart-type) des stades de développement, la fécondité et la longévité de *M. tanajoa* élevé sur les feuilles de 15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge. La durée d'incubation de l'œuf est la plus longue ($5,8 \pm 0,4$ jours) et celle du stade deutonymphe la plus courte ($1,9 \pm 0,4$ jours). Ce sont surtout les œufs de petite taille, pondus à la fin de la période d'oviposition qui donnent des larves peu viables. Le taux d'éclosion est très élevé (98%). Il n'y a pas de différence significative ($p= 0,05$) entre les durées de chaque stade de développement de *M. tanajoa* élevé sur les feuilles de 15, 40, 65, 90 et 115 jours d'âge. Il en est de même de la longévité. Par contre la fécondité, qu'elle soit journalière ou totale est plus élevée sur les feuilles jeunes et faible sur celles âgées. Les pontes journalières de $4,0 \pm 0,4$ œufs et totales de $63,8 \pm 2,1$ œufs ont été obtenues sur les feuilles jeunes (15 jours d'âge) et celles de $2,6 \pm 0,3$ et $45,6 \pm 1,6$ œufs sur les feuilles vieilles (115 jours d'âge). Il y a une différence significative ($p= 0,05$) entre les pontes obtenues sur les feuilles de différents âges. Les paramètres de la dynamique des populations de *M. tanajoa* ont été calculés (Tableau 2). Ceux-ci détermi-

Tableau 1
Taux de mortalité, durée en jours (moyenne + écart-type) des stades de développement, fécondité et longévité des femelles de *M. tanajoa* élevées sur les feuilles de différents âges (T= 24 – 26 °C; HR= 70 – 90%) n= 30

Age de la feuille (jours)	Mortalité des stades préimaginaux (%)	Stade de développement					Fécondité		Longévité
		Oeuf	Larve	Protonympe	Deutonympe (♀)	Adulte (♀)	Fécondité moyenne journalière	Fécondité totale moyenne	
15	5,8	5,1±0,0a	2,8±0,7a	2,1±0,6a	1,8±0,4a	14,8±0,6a	4,0±0,4a	63,8±2,1a	25,4±0,8a
40	6,4	5,6±0,03a	3,0±0,6a	1,8±0,7a	1,9±0,2a	14,3±0,8a	3,5±0,4ab	60,3±1,9a	25,2±1,5a
65	4,7	5,2±0,2a	2,9±0,6a	1,8±0,5a	1,8±0,3a	15,0±0,2a	3,2±0,3ab	56,0±1,8b	25,5±1,7a
90	4,4	5,8±0,4a	3,1±0,5a	1,7±0,6a	1,7±0,4a	14,6±0,7a	2,8±0,2bc	48,5±2,0c	24,6±1,4b
115	5,2	5,6±0,2a	3,0±0,4a	1,9±0,4a	1,9±0,4a	14,7±0,5a	2,6±0,3c	45,6±1,6d	24,8±2,0c

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

Le niveau de développement de *M. tanajoa* sur les feuilles de chaque âge. Le taux intrinsèque d'accroissement des populations (r_m) est de 0,172 sur les feuilles de 15 jours d'âge et 0,144 sur celles de 90 jours d'âge. Le taux net de reproduction (R_0) est de 54,03 et 26,10 respectivement sur les feuilles de 15 et 90 jours. La durée de développement (moyenne \pm écart-type) à 27° C de l'œuf de *M. tanajoa* est de 5,4 \pm 0,4 jours, celle de la larve 3,0 \pm 0,6 jours. Par contre, les durées de développement de la protonympe sont respectivement de 1,1 \pm 0,6 et 2,8 \pm 0,3 jours (14). En outre, la durée de développement de la femelle adulte est de 11,6 \pm 2,5 jours et sa longévité 24,4 \pm 2,4 jours. Le taux intrinsèque d'accroissement des populations (r_m) est à la même température (27°C) égal à 0,170 (14). Les coefficients de corrélation (r) calculés ont permis d'estimer le degré de dépendance entre les variables dépendantes que sont l'âge de la feuille et le taux intrinsèque d'accroissement de la population. Le coefficient de corrélation entre l'âge de la feuille et le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) est de - 0,896 et celui obtenu entre le taux net de reproduction (R_0) et l'âge de la feuille - 0,966. Ces coefficients sont négatifs et en valeur absolue proche de un. Ceci montre que plus la feuille vieillit, plus le développement des populations de *M. tanajoa* qui s'y trouvent est faible. Le développement des populations de *M. tanajoa* est

donc rapide sur les feuilles jeunes et lent sur celles âgées.

Discussion

Le développement rapide des populations de *M. tanajoa* sur les jeunes feuilles laisse supposer qu'elles ont une qualité nutritionnelle supérieure. Les taux d'azote contenus dans les feuilles ont une influence significative sur la fécondité (3). Il existe une corrélation positive significative entre les taux d'azote contenus dans les feuilles et les populations de *Tetranychus urticae* Koch particulièrement en ce qui concerne la fécondité et le taux intrinsèque d'accroissement (r_m) (3). Par contre, les taux d'azote contenus dans les feuilles n'ont aucune influence significative sur la durée de développement, la mortalité et la survie à différents stades de *T. urticae* (5). De plus le développement des populations de *M. tanajoa* est très important sur le manioc cultivé sur un sol riche en azote (14). L'apparition de nouvelles feuilles est importante après les premières pluies. Cette période est par conséquent celle à laquelle le développement des populations de *M. tanajoa* est rapide. On pourrait alors recommander d'enlever les jeunes feuilles si celles-ci n'étaient consommées. Mais chez la plupart des cultivars, les pousses latérales qui se développent par la suite produisent encore davantage de nouvelles

Tableau 2
Paramètres de la dynamique des populations de *M. tanajoa* élevé sur les feuilles de différents âges (T°= 24 – 26 °C; HR= 70 – 90%) n= 30

Age de la feuille (jours)	r_m	R_0	λ	T_g
15	0,172	54,03	1,18	23,19
40	0,164	45,17	1,17	23,23
65	0,157	38,13	1,17	23,19
90	0,144	26,10	1,15	22,65
115	0,151	27,30	1,16	21,89

feuilles, ce qui aggraverait plutôt la situation (14). Il existe peu de pratiques culturales permettant de lutter contre l'acarien vert du manioc. La principale méthode consiste à faire la mise en place au moment opportun c'est-à-dire au début de la saison des pluies. Le choix de variétés résistantes constitue une méthode de lutte idéale pouvant être utilisée par les agriculteurs de

subsistance. Si la lutte chimique devait être effectuée, elle le serait pendant la période où l'apparition de jeunes feuilles est importante. Mais les traitements chimiques doivent être proscrits; car ils sont dangereux pour les paysans, les jeunes feuilles étant principalement consommées. La lutte biologique doit, par conséquent, être fortement recommandée.

Références bibliographiques

1. Almozan A., 1990, Le manioc en Afrique tropicale. Un manuel de référence. IITA, Ibadan, Nigeria. 190 pp.
2. Andrewartha H.G. & Birch L.C., 1954, The distribution and abundance of animals. Univ. Chicago Press. 782 pp.
3. Badegana A.M., 1989, Etude des fluctuations des populations de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) sur *Solanum aethiopicum* L. en fonction des éléments N, P, K, Ca, Mg et efficacité de quelques acaricides. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Etat de Gent, Belgique. 178 pp.
4. Badegana A.M., 2000, Nouvelle technique d'élevage de l'acarien phyllophage *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) et son application à l'étude de l'efficacité de quelques acaricides sur pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Tropicultura **18**(4), 167-170.
5. Badegana Bitchong A., 1993, Influence de l'azote sur la survie et la durée de développement de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent 58/2b, 575-580.
6. Birch L.C., 1948, The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journ. Anim. Ecol. 17, 15-26.
7. Byrne D.H., Guerrero J.M., Bellotti A.C. & Gracen V.E., 1982, Behavior and development of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) on resistant and susceptible cultivars of cassava. Journal of Economic Entomology 75, 924-927.
8. Gutierrez J., 1976, Etude biologique et écologique de *Tetranychus neocaledonicus* André (Acariens, Tetranychidae). Thèse d'Etat. Travaux et documents O.R.S.T.O.M. n° 57, 173 pp.
9. Helle W. & Sabelis M.W., 1985, Spider mites. Their biology, natural enemies and control 1A. Elsevier Science Publishing Company B.V Amsterdam. 405 pp.
10. Ikotun T. & Osiru D.S., 1990, Contraintes à la production du manioc. IITA, Ibadan, Nigeria. 190 pp.
11. Lyon W.F., 1973, A plant feeding mite *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) new to the Africa continent threatens cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Uganda. East Africa Pest Articles and News Summaries 19, 36-37.
12. Nyirira Z.M., 1972, Report of investigation of cassava mite *Mononychellus tanajoa* Bondar. Kawanda Research Station, Kampala, Uganda. Unpublished report, 14 pp.
13. Yaninek J.S., 1988, Continental dispersal of the cassava green mite, an exotic pest in Africa and implications for biological control. Experimental and Applied Acarology 4, 211-224.
14. Yaninek J.S., Moraes G.J. & Markham R.F., 1990, Manuel de l'acarien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa*) en Afrique. Alphabyte et page, via di Donna Olimpia, Rome. 148 pp.

A.M. Badegana, Camerounais, Ingénieur agronome, M.Sc. (UCL), Doctorat en Sciences agronomiques (Université d'Etat de Gent, Belgique). Chargé de cours à l'université de Dschang – Cameroun.

G. Yombo, Camerounais, Ingénieur agronome, Ministère de l'agriculture, Yaoundé, Cameroun.

Reproductive and Growth Performance of the Cricetoma (*Cricetomys gambianus*) under Captivity

J. Tchoumboue*, A.T. Niba*, P. Zango*, R. Dafem* & A. Tégua*

Keywords: Cricetoma– Reproduction– Growth– Captivity– *Cricetomys gambianus*

Summary

Studies were conducted on the reproductive and growth performance of the cricetoma (*Cricetomys gambianus*) under captivity in Dschang, Cameroon from January 1999 to March 2002. A total of 80 newborns recorded from 25 births of 28 giant rats (10 males and 18 females) were used in the study. No births were recorded for the heavy rainy season months (June, July and August) while the highest number of births were recorded in the dry season months of January, April and November to December. The age at sexual maturity for males and females was 7 and 7-8 months respectively. The gestation length, sex ratio (male/female), litter size and preweaning mortality were 30.0 ± 1.58 d, 1.2/1, 3.2 ± 0.19 and 42.50% respectively. There was a linear increase of the mean litter size with parity. Mismatching and cannibalism as causes of mortality amounted to more than half of the percentage of total causes while more than 80% of the mortalities recorded were in the first ten days of birth (stillbirth inclusive). The weaning and mature weights for males was significantly ($P < 0.05$) higher than for females while no significant ($P > 0.05$) differences were observed in the mean daily weight gains from birth to weaning and to 12 months of age. The results reveal that considerable improvements in productivity for these species could be achieved with a reduction in preweaning mortality.

Résumé

Performances de reproduction et croissance du cricétome (*Cricetomys gambianus*) en captivité

Les études ont été conduites sur les performances de croissance et reproduction du cricétome (*Cricetomys gambianus*) en captivité à Dschang au Cameroun de janvier 1999 à mars 2002. Un total de 80 ratons issus de 25 mises-bas de 28 cricétomes (10 mâles et 18 femelles) ont été utilisés dans cette étude. Aucune naissance n'a été enregistrée au cours de la saison d'intense précipitation (juin, juillet et août) alors que le maximum de naissance a été enregistré pendant la saison sèche durant les mois de janvier, avril et de novembre à décembre. L'âge à la maturité sexuelle pour les mâles et femelles était de 7 et de 7-8 mois respectivement. La durée de gestation, le sexe ratio (mâle/femelle), la taille de la portée et le taux de mortalité avant le sevrage étaient de $30,0 \pm 1,58$ jours; 1,2/1; $3,2 \pm 0,19$ et 42,50% respectivement. Il y a eu une augmentation linéaire de la taille de portée avec les mises-bas. La défaillance maternelle et le cannibalisme étaient les principales causes de mortalités et étaient à l'origine de la moitié de la mortalité totale enregistrée alors que 80% de la mortalité étaient observés pendant les 10 premiers jours de naissance (mort-nés inclus). Le poids au sevrage et à la maturité des mâles était significativement ($P < 0,05$) supérieur à ceux des femelles alors qu'aucune différence significative ($P > 0,05$) n'était observée dans les gains moyens quotidiens de la naissance au sevrage et à 12 mois d'âge. Les résultats révèlent qu'une amélioration considérable de la productivité de ces espèces peut être réalisée avec la réduction du taux de mortalité avant sevrage.

Introduction

Although comprehensive data are not yet totally available, the importance of bush meat in the diet of African population particularly those of the forest and savannah zones, is well established (1). The high demand from towns for these animal species for food has sometimes led to their overexploitation. There has been therefore an increase interest in the production of species known as minilivestock which are little known or entirely unknown in developed countries.

However, a main drawback to minilivestock development is the ignorance by most governments, universi-

ties, research institutions and developers of the minilivestock potentialities hence the reluctance to support this sector as a component of the rural development in the tropics (2, 3). This has often reduced the impact of these species on the quality of life of many resource-poor rural dwellers.

One of the most popular species is the cricetoma (*Cricetomys gambianus* Waterhouse). It is eligible for domestication because of its small size, adaptation to the local environments and limited requirements for land and feeding. As opposed to the grasscutter

* Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, P.O.B. 222 Dschang, Cameroon.

Received on 12.06.02. and accepted for publication on 30.07.02.

(*Thryonomys*), cricetomas are more suited for these environments due to their shorter gestation duration and comparatively higher litter sizes, which means that very probably the total kg meat produced by year and by adult female could be higher with cricetoma than with the grasscutter. The animal is therefore appropriate for landless people or back-yard production (3, 4). In fact, the cricetoma has for a long time been accepted as a protein source in many African countries (5, 6, 7, 8, 9).

The rational production of any species supposes a better understanding of physiological processes governing its production and productivity. Although several schemes have been initiated on the domestication of the cricetoma (*Cricetomys gambianus* Waterhouse) in countries like Nigeria (10), Democratic Republic of Congo (7) and indeed in Cameroon (8), more emphasis has been paid to their utilisation of local feedstuffs as well as their aetiology. Very little is therefore known on the reproductive and growth performance of the animal.

The objective of the present study is to investigate the reproductive performance of the cricetoma under captivity.

Material and methods

Study site

The study was conducted at the teaching and research farm of the University of Dschang. Dschang is situated in the western highlands of Cameroon which is in the sudano – guinean zone (latitude 5 - 7 °N, longitude 8 - 12 °E). The mean annual temperature and relative humidity are 16 - 17 °C and 49 – 97% respectively. The mean annual rainfall is about 2000 mm with the wet season ranging from March to November and the dry season from late November to March.

Experimental animals

Between January 1999 and March 2002, 28 cricetomas made-up of 10 males and 18 females were caged in identical wire rabbit type cages of 0.45 sq. metres and height of 0.26 m (L-0.97 m, W-0.46 & H-0.26 m) per animal. Animals were allowed to mate naturally by introducing the females in the cages of the males. A total of 80 new-borns recorded from 25 births were observed within this period of the study.

Animal management

According to availability and acceptability, animals were fed normal feedstuffs that they were known to consume in the wild such as tubers (cassava, sweet and irish potato), grains (common beans, soybean and groundnuts), fruits (ripe bananas, plantains, papaw, guava, pumpkin, pears and palm nuts) and kitchen wastes (banana peels, waste bread). Diurnal feeding was adopted and animals were watered *ad libitum*.

Data collection and analysis

Data on birth weights were taken within 12 hours after delivery using an Ohaus-Triple beam balance (700-

800 series) precise to 0.1 g. The litter size and sex were also recorded. The age at puberty and gestation lengths were collected while liveweight changes were recorded monthly (using the above mentioned scale) except for the weaning weights which were recorded at the presumed weaning time of three weeks. Data on the mortalities were recorded when they occurred. Data on the mean daily weight gains prior to weaning and for a period of twelve months were subjected to the one way analysis of variance while significant means were separated using the Duncan's multiple range test (11). Mean values for the other parameters were computed. The liveweight changes and the relationships between mean litter size and parity as well as the monthly distribution of births were represented graphically.

Results

Reproductive performance

Table 1 summaries some mean reproductive performance data of cricetomas.

Table 1

Some reproductive performance characteristics of cricetomas under captivity

Parameters	Males	Females	Average
Age at sexual maturity (Months)	7	7-8	–
Gestation length (days)	–	30.0 ± 1.58	–
Litter size	–	–	3.2 ± 0.19 (25)*
Sex ratio (male/female)	1.2	1	–
Preweaning mortality (%) (0- 21 days)	–	–	42.50 (34)

* Values in parenthesis represent the number of observations.

The age at puberty for males was 7 months while that for females was 7- 8 months. Meanwhile the gestation length had a mean value of 30.0 ± 1.58 days. Sex ratio between males and females was 1.2: 1 while the mean litter size for both sexes was 3.2 ± 0.19. The percentage preweaning mortality for the presumed weaning period of 21 days was 42.50%.

Table 2 shows results for the distribution of litter sizes as a function of parity. Results show that more than 50% of the total births were within the first and second parities with the second recording the highest number of births (10 animals).

Table 2
Distribution of litter sizes of cricetomas under captivity as a function of parity

Parity	Litter size				Total	Total number of young	% Total born
	1	2	3	4			
1	1	1	2	2	6	17	21.25
2	1	2	3	4	10	30	37.50
3	–	–	2	2	4	14	17.50
4	–	–	1	2	3	11	13.75
5	–	–	–	2	2	8	10
Total	2	3	8	12	25	80	100
% of total litter	8.0	12.0	32.0	48.0	100		

When consideration is given to litter sizes, the litter size of 4 recorded the highest number of births and this was about half (48%) of the percentage of total litter. There was an increasing tendency of litter size with increasing parity as reflected in figure 1 where there is a linear relationship between increasing parity and mean litter size.

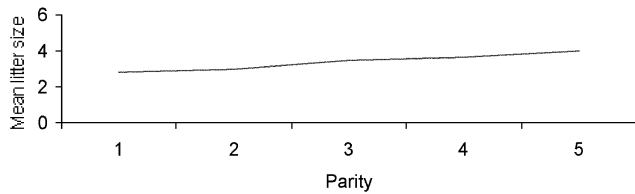


Figure 1: Evolution of litter size as related to parity.

Figure 2 shows the monthly distribution of births for the period of study. There were no births between the months of June and August. Meanwhile January and April recorded the highest number of births of 5 and 4 respectively. Identical numbers of 3 births were observed for October, November, December and May.

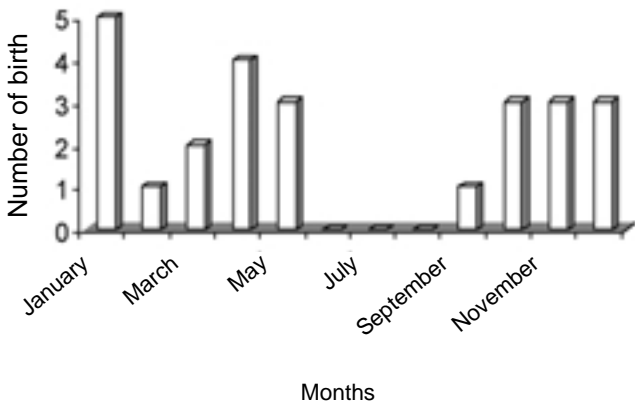


Figure 2: Monthly distribution of birth in cricetomas.

Growth performance

Table 3 shows values for sex differences in the growth performance of the cricetoma.

Table 3
Growth performance (grams) of the cricetoma under captivity according to sex

Parameters	Sex		Average
	Males	Females	
Birth weight	21.18 ± 1.200 ^a (8) *	19.43 ± 0.603 ^a (8)	20.43 ± 1.297 ^a (16)
ADWG from birth to weaning (3 weeks)	4.35 ± 0.40 ^a (12)	3.47 ± 0.38 ^a (11)	3.90 ± 0.40 ^a (23)
ADWG from birth to 12 months (grams)	4.31 ± 0.23 ^a (8)	4.01 ± 0.267 ^a (8)	4.18 ± 0.270 ^a (16)
MWW (3 weeks)	222.00 ± 98.24 ^a (12)	211.70 ± 72.21 ^b (11)	217.15 ± 84.47 ^b (23)
MMW at 12 months	1573.15 ± 83.95 ^a (8)	1463.65 ± 98.55 ^b (8)	1525.70 ± 98.54 ^a (16)

a, b means bearing different superscripts within the same row differ significantly (P< 0.05).

*Values in parenthesis represent the number of observations.

The mean birth weight for males, females and average of both sexes were 21.18 ± 1.20 g, 19.43 ± 0.60 g and 20.43 ± 1.3 g respectively. Average daily weight gain (ADWG) from birth to weaning followed a similar trend with males having a higher value of 4.35 ± 0.40 g/day than females 3.47 ± 0.38 g/day while 3.90 ± 0.40 g/day was recorded for both sexes. The same trend was also observed for the ADWG from birth to maturity (12 months). No significant differences (P> 0.05) were observed between these values.

Males recorded a significantly (P< 0.05) higher mean weaning weights (MWW) of 222.00 ± 98.24 g than females (211.70 ± 72.21 g). For the MMW, significant

differences ($P < 0.05$) were only observed between the sexes with males recording a higher value (Figure 3).

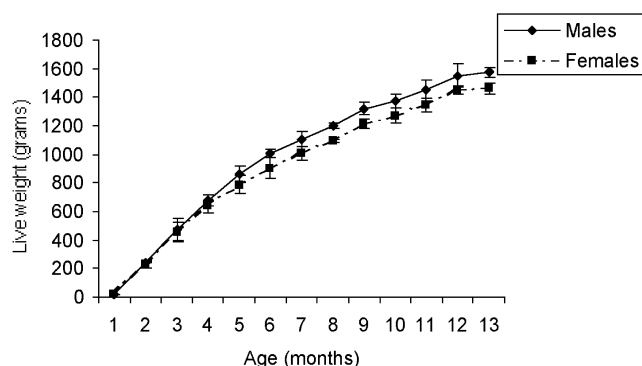


Figure 3: Live weight changes in cricetomas under captivity.

Pre-weaning mortality

Table 4 shows the neo-natal mortality and associated causes as reflected by the age. The highest mortality was within the first ten days which represented about two-thirds of the total number dead animals without considering stillbirths. After this period there was an increasing tendency of the animals to survive with increasing age.

For the causes of mortality mistmothering and cannibalism represented more than half of the total number of causes followed by stillbirths which were about one-fifth of the causes.

Discussion

The age at sexual maturity of 7- 8 months for males and females are similar to figures reported by Ajayi (5) and NRC (2). The gestation length in this study is slightly higher than the value of 28 days reported by Ajayi (5) but within the range of 28- 42 days published by NRC (2) and in conformity with the observations of Malekani (9). The sex ratio of 1.2 males to 1 female reported in this study is similar to that of Ajayi (5).

The litter sizes recorded in the present study were also similar to previous reports (2, 5) although they were two litter sizes of up to 5. However the most frequent litter size observed in this study (four) was similar to that recorded by Ajayi (5). The linear increase of litter size with parity observed in cricetoma has also been reported in other species such as goats (12). The monthly distribution of births for the cricetoma in this study highlights the possible seasonality in the breeding behaviour of cricetoma as seen in figure 1. The absence of any births for the heavy rainy season months of June, July and August under captivity could suggest the natural synchronisation of breeding to birth occurring when the young have the greatest chances of survival. Since in the wild the animal lives in burrows, it could therefore be very natural for birth to occur when there are the least chances for flooding of their burrows as these can kill the young. High rainfall within this period may also have affected their movements and consequently their breeding habits. During this period, severe rainfall and run-offs have sometimes caused the animals to stay in their burrows and the limited time available for going out of it may have been allocated to foraging for food.

This observation is contrary to the observations made by Ajayi (5) who reported a year round breeding. The probable explanation for this is that while he worked with third generation animals who may have lost the survival instinct because of conditions under captivity, those of this study were of the first generation under captivity. They could therefore not have lost this instinct.

Values for the birth weights are within the range of 16.0 - 28.0 g reported by Ajayi (5). He however did not consider sexes in his study for birth weight.

Although, there was no significant difference in the ADWG between the sexes, the initial advantage of birth weight for males was reflected in the MWW where there was a significant difference between males and females. This observation corroborates with previous findings (5) with the existence of a high

Table 4
Neo-natal mortality of cricetomas under captivity distributed as a function of age and causes

	Age (Days)				Total	% of Total causes	% of Total born
	0	1-10	11-20	21			
Causes of mortality							
Stillbirth	7	–	–	–	7	20.60	8.75
Mistmothering	–	7	2	–	9	26.47	11.25
Cannibalism	–	9	2	–	11	32.35	13.75
Accident	–	4	–	–	4	11.76	5.00
Unspecified	–	1	–	2	3	8.82	3.75
Total	7	21	4	2	34	100	42.50
% of Total dead	20.60	61.76	11.76	5.88	100		

positive correlation of 0.86 between birth weight and weaning weights.

The 4.18 ± 0.27 g value for the ADWG from 0-12 months for both males and females is higher than the values reported by Fonweban and Njwe (8) for cricetomas fed four different experimental rations. The value reported in this study is however lower than those recorded in Nigeria for the same species using different commercial rations (10,13,14). The differences in value between the present study and previous reports is probably because animals in this study were fed normal feedstuffs that they consumed in the wild whereas the other studies focussed on feed utilisation using manufactured diets.

Mean mature weight for males, females and average for both sexes in the present study are higher than values reported earlier by other workers (5, 8, 10).

The neo-natal mortality for this study is higher than observations of Ajayi (5) who recorded a value of 40.7%. This author however, attributed pre-weaning mortality to cannibalism exclusively while, in the present study mismothering and stillbirths were also recorded as major causes of mortality.

From this study, it was not clear whether increase in litter size was related to increase in preweaning mortality. A clear picture of this relationship could not be established since as earlier stated, two-thirds of the causes of death in this study were attributed to mismothering and cannibalism. As earlier stated by other worker (5), cannibalism is the greatest single factor affecting pre-weaning mortality of the AGR and the phenomenon of cannibalism did not appear to follow any fixed pattern. It was however observed in this study that cannibalism and mismothering (which usually amounted to refusal of suckling) against the young will ensue after bare hand manipulation of day-old new-borns.

Literature

- Hardouin J. & Stiévenart C., 1991, Le mini-élevage dans les pays tropicaux. C.T.A., ACP-CEE, Presses de l'imprimerie Van Ruys, Bruxelles, 34p.
- National Research Council, 1991, Microlivestock: Little-known small animals with a promising economic future. National Academy Press, Washington, DC. pp. 241-249.
- Hardouin J., 1995, Minilivestock: from gathering to controlled production. Biodiversity and Conservation. 4, 220-232.
- Branckaert R.D., 1995, Minilivestock: Sustainable animal resource for food security. Biodiversity and Conservation. 4, 336-338.
- Ajayi S.S., 1975, Domestication of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse). University of Ibadan, Nigeria, 44pp.
- Dorst J. & Dandelot P., 1976, Guide des grands mammifères d'Afrique. 2^e Edition, Neuchatel, Paris, pp. 30-31.
- Malekani M., 1987, Technique de capture et observations écoéthologiques sur le rat de Gambie, *Cricetomys*, dans la forêt équatoriale du Zaïre. Tropicultura. 5(4), 160-164.
- Fonweban J.N. & Njwe R.M., 1990, Feed utilisation and live weight gain in the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse) at Dschang in Cameroon. Tropicultura. 8(3), 118-120.
- Malekani M., 2001, Guide Technique d'élevage N° 08 sur les Cricétomes. In: Hardouin, J. (Editor). B.E.D.I.M., Série Information et Documentation, Gembloux, 8pp.
- Ajayi S.S. & Tewe O.O., 1978, Performance of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse) on commercial rations and varying dietary protein levels. Laboratory Animals. 12, 109-112.
- Steel R.G.D. & Torrie J. H., 1980, Principles and Procedures of statistics. A Biometrical Approach, 2nd Ed. McGraw – Hill Book co. New York, USA.
- Wilson R.T., 1986, Livestock production in central Mali: Long term studies on cattle and small ruminants in the agropastoral system. ILCA Research Report N° 14. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, Ethiopia, 111 pp.
- Faturoti T.O., Tewe O.O. & Ajayi S.S., 1981, Performance of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse) on varying dietary crude fibre levels. J. Institute Animal of Technicians. 32, 1-12.
- Amubode F.O., 1982, Effect of dietary protein and energy levels on growth and blood urea nitrogen of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse). J. Institute Animal of Technicians. 33, 11-20.

J. Tchoumboue, Cameroonian, Agrégé en Production et Santé Animale, Professor and Head of Department, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Dschang.

A.T. Niba, Cameroonian, M.Sc. Animal Science (Reproductive Physiology), Assistant lecturer, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Dschang.

P. Zango, Cameroonian, Ingénieur Agronome, Research Assistant, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Dschang.

R. Dafem, Cameroonian, Maîtrise en Biologie Animale, Research Assistant, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Dschang.

A. Téguia, Cameroonian, M.S. Poultry Science, Senior Lecturer, Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Dschang.

Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie des homoptères ravageurs des arbres fruitiers et autres plantes

I.- Comparaison de l'évolution des populations d'*Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) sur agrumes et avocatier en République du Congo

A. Kiyindou*

Keywords: Homopteros pests– *Aleurodicus dispersus*– Population dynamics– *Citrus*– Avocado trees– Congo

Résumé

Aleurodicus dispersus Russell est un aleurode d'origine néotropicale introduit au Congo au début des années 90. Depuis 1995, *A. dispersus* développe des populations importantes sur certaines espèces végétales comme les agrumes et l'avocatier. L'étude comparée de l'évolution des populations de cet insecte sur agrumes et avocatier montre que l'aleurode présente 4 générations sur avocatier et 3 générations sur agrumes. En outre, sur ces deux plantes-hôtes, les courbes d'abondance du ravageur font apparaître une extension des effectifs d'aleurodes en période d'arrêt des pluies et un déclin des effectifs dès le retour à une pluviométrie abondante. Ces courbes indiquent également un décalage chronologique sur la date d'apparition d'*A. dispersus* sur avocatier et sur agrumes. Enfin, la pluie en tant que facteur abiotique responsable des variations d'abondance a été mise en évidence et son rôle précisé.

Summary

Contribution to the Knowledge of the Ecology and Biology of Homopteros Pests of Fruit Trees and other Plants

I.- Comparison of Evolution of Population of *Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) on *Citrus* and Avocado Trees in the Republic of the Congo

Aleurodicus dispersus Russell, a whitefly of neotropical origin, was introduced into Congo in the early '90. Since 1995, *A. dispersus* has developed the important populations on *Citrus* and avocado trees. The study of the population dynamic of this whitefly on *Citrus* and avocado trees indicates that the pest exhibits only four and three generation a year on *Citrus* and avocado trees respectively. Besides, an increase of the population of *A. dispersus* occurs in the dry season. However, rain-fall reduces the insect population to a very low level. Its abundance indicates that during the rainy season, *A. dispersus* appears earlier underpinned for the first time and its significance assessed.

Introduction

Depuis 1965, de nombreux travaux ont été menés sur l'aleurode d'origine néotropicale *Aleurodicus dispersus* Russell en Amérique Centrale, en Asie du Sud et du Sud-est, et au Pacifique. En 1993, les observations faites en Afrique de l'Ouest sur *A. dispersus* ont été rapportées par Akinlosotu et al. et par Neuenschwander (2, 9).

Au Congo, la présence de cet aleurode était discrète et ses populations sporadiques et anodines jusqu'en 1995. Depuis cette date, les populations de ce ravageur atteignent leur niveau maximal en période de faible pluviosité (1) rendant désormais possible l'extension dynamique de celles-ci.

Par ailleurs l'aleurode bien que polyphage (2, 3, 4, 6, 7, 8, 11), une étude dans les conditions naturelles au Congo a révélé sur certaines plantes-hôtes, des niveaux d'infestation différents (1). Cependant, la connaissance des facteurs qui réagissent sur les fluctuations des populations d'*A. dispersus* est insuffisante pour tirer partie dans la conception d'une lutte intégrée. Il était indispensable de comparer l'évolution des populations d'*A. dispersus* sur agrumes et avocatier, principales espèces fruitières d'intérêt économique, avant d'envisager toute introduction d'auxiliaires.

L'objectif de la présente étude était donc de préciser l'influence de la plante-hôte et l'impact de la pluie sur l'abondance des populations d'*A. dispersus*.

* Unité de Recherches en Phytiairie/ Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technologique (URPHYT/DGRST) B.P. 2499 Brazzaville, République du Congo.

Reçu le 15.06.01. et accepté pour publication le 01.08.02.

Conditions de l'étude

Biotope

L'étude a été conduite de janvier 1995 à octobre 1996, parallèlement à Brazzaville et à Kombé. Les deux localités distantes de 17 km semblent différentes par la quantité d'eau annuelle de pluies enregistrées.

La pluviométrie moyenne des années 1978-1994 est assez proche dans les deux localités. Elle oscille entre 1492,1 mm et 1467,5 mm. Cependant, la pluviosité annuelle de l'année 1996 permet de noter une différence entre la station de Kombé et celle de Brazzaville (228, 8 mm d'écart) (Tableau 1).

A Brazzaville, la dynamique des populations d'*A. dispersus* a été suivie sur avocatier, *Persea americana* Mill. (Lauraceae) et sur agrumes, *Citrus sinensis* L. (Rutaceae), qui sont plantés en association avec d'autres espèces comme le manguier *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). Les arbres sont âgés de plus ou moins 20 ans et sont situés dans le domaine de la pépinière de Djoué-Tanaf.

A Kombé, les observations ont été faites également sur avocatier et sur agrumes, la première espèce est plantée en ligne unique et sert de brise-vent aux cultures maraîchères. La deuxième espèce est plantée en culture homogène sur une superficie d'environ un demi hectare. Ces arbres sont âgés de plus ou moins 10 ans et sont situés dans le domaine de l'Institut de Recherche pour l'Appui au Développement Agricole en zones Tropicales (Agricongo).

Méthode

La méthode du suivi de la dynamique des populations de l'aleurode utilisée à Hawaii (7) a été adaptée en milieu de notre étude. Elle consiste en un suivi sur trois arbres par espèce fruitière considérée dans chaque biotope. Un échantillon de 10 feuilles par ordre a été prélevé. Ainsi, 30 feuilles sont prises au hasard dans la masse des vieilles feuilles; ces dernières étant préfé-

rentiellement colonisées par les aleurodes. L'échantillonnage a lieu tous les 15 jours pendant toute la durée de l'étude (80 semaines) et les feuilles sont placées dans des sachets en matière plastique qui ont un volume de 1000 cm³. Sur chacune des trente feuilles, la totalité des aleurodes (œufs) est dénombrée sous la loupe binoculaire.

Evolution des populations d'*A. dispersus*

L'étude a permis la comparaison de la dynamique des populations du phytophage à Brazzaville et Kombé, sur deux plantes-hôtes (avocatier et agrumes) en 1995-1996.

Influence de l'espèce végétale sur l'abondance d'*A. dispersus*

Les courbes de fluctuation du pourcentage des feuilles infestées des œufs d'aleurodes matérialisent le mécanisme de colonisation des lieux de ponte (Figures 1 A et 1 B; Figures 2 A et 2 B).

En 1995 à Brazzaville, une première phase d'infestation d'*A. dispersus* sur avocatier est observée en petite saison sèche. Celle-ci reste synchrone de celle remarquée à Kombé.

On observe des pourcentages de feuilles infestées de 10% dans les deux sites, alors qu'elle reste décalée de 3 mois sur agrumes à Brazzaville et à Kombé, pourcentages respectifs d'infestation: 13% et 6%. Deux autres phases d'infestation sur avocatier avec des pics respectifs de 20% en mi-juin et 26% en fin août sont décelables à Brazzaville (Figure 1 A). En revanche, à Kombé sur avocatier, trois autres phases sont observables respectivement de 10%, 26% et 30% mi-mai, fin juin et début août. Deux autres phases d'infestation sont également observées sur agrumes, de 20%, 26% respectivement en mi-juillet et début septembre à Kombé (Figure 1 B).

Tableau 1
Pluviométrie mensuelle enregistrée en 1996 et sur 16 ans à Brazzaville

Mois	Brazzaville		Kombé	
	Moyenne mensuelle 1996 (mm)	Moyenne mensuelle 1978-1994 (mm)	Moyenne mensuelle 1996 (mm)	Moyenne mensuelle 1980-1996 (mm)
Janvier	140,2	162,8	130,6	121,8
Février	96,6	154,8	111,7	142,1
Mars	189,6	179,6	184,3	208,6
Avril	107,8	191,0	167,1	211,6
Mai	236,4	125,0	120,1	152,4
Juin	0,0	10,3	10,3	1,2
Juillet	0,0	3,1	4,5	0,3
Août	0,0	7,1	8,5	1,7
Septembre	40	33,2	29,6	24,9
Octobre	78,3	153,0	124,3	165,6
Novembre	80,8	284,7	214,8	230,4
Décembre	82,2	187,5	138,9	206,9

(Source: Agence Nationale de l'Aviation Civile du Congo et à Kombé)

(Source: Centre de Vulgarisation des Techniques Agricoles)

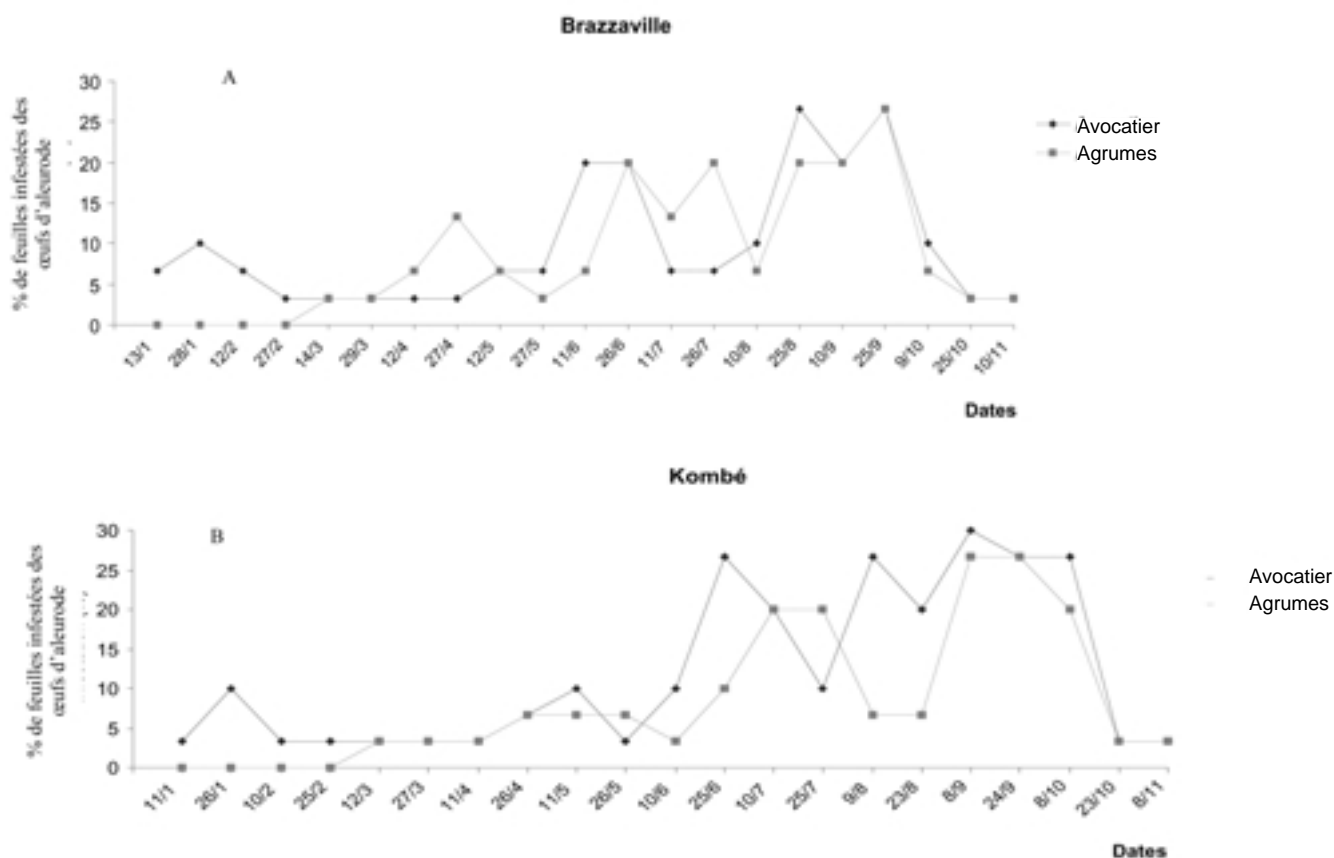


Figure 1: Evolution chronologique des populations de l'aleurode en 1995

A) Pourcentage de feuilles infestées des œufs d'aleurode sur avocatier et agrumes à Brazzaville;

B) Pourcentage de feuilles infestées des œufs d'aleurode sur avocatier et agrumes à Kombé.

En 1996 à Brazzaville, une première phase d'infestation d'*A. dispersus* sur avocatier est observée en petite saison sèche (pic de 13% à la mi-janvier) (Figure 2 A). A Kombé, la première phase d'infestation est synchrone de celle de Brazzaville, mais elle est à peine observable (pic de 6%) (Figure 2 B). Une autre phase s'étendant sur 18 semaines est perceptible à Brazzaville avec un pic en plateau de 20 à 30% entre mi-juillet et mi-octobre. Par contre, à Kombé, deux autres phases sont décelables respectivement à la mi-avril avec un pic en plateau de 26%.

L'évolution des pourcentages de feuilles infestées sur agrumes est décalée et reste sensiblement différente de l'évolution observée sur ceux des feuilles d'avocatier.

A Brazzaville et à Kombé, trois phases d'infestation sont effectivement décelées avec des pics respectifs de 20% de la mi-avril à la fin mai, 26% de la fin juin à la mi-juillet et 30% de la fin août à la fin septembre à Brazzaville, tandis qu'à Kombé, les trois phases ont respectivement 13% à la mi-mai, 20% de la mi-juillet au début août et 26% de la fin septembre à la fin octobre (Figures 2 A et 2 B).

En outre, l'évolution générale du pourcentage des feuilles infestées est caractérisée par 2 à 3 pics et 3 à 4 pics respectivement sur agrumes et sur avocatier (Figures 1 A et 1 B, Figures 2 A et 2 B). Ces pics cor-

respondent à des pontes massives de femelles d'*A. dispersus* et mettent en évidence chez l'aleurode, 2 à 3 générations et 3 à 4 générations respectivement sur agrumes et sur avocatier.

Impact des pluies sur l'abondance des populations d'*A. dispersus*

Depuis longtemps, les facteurs de l'environnement telle que la pluie ont été signalés comme d'importants responsables des fluctuations de populations d'homoptères. Différents travaux au Congo ont permis de vérifier et quantifier l'action de cet élément climatique.

Les années 1995 et 1996 ne sont pas significativement différentes par les valeurs de la pluviométrie (Tableau 1). En revanche, des différences subsistent dans la répartition mensuelle des pluies en 1995 et 1996. Il apparaît en outre que les deux zones d'études (Brazzaville et Kombé) se caractérisent par: 1) une longue saison sèche de 4 à 5 mois entre mi-mai et fin septembre, caractérisée par une très faible pluviosité, 2) une longue saison des pluies d'octobre à mai, marquée par une interruption momentanée des pluies en janvier et février, période appelée «petite saison sèche». Cette dernière joue probablement un rôle important dans la dynamique des populations d'insectes. En effet, les phases de ponte d'*A. dispersus* sur avocatier, à Brazzaville et à Kombé, s'amorcent au cours de cette période.

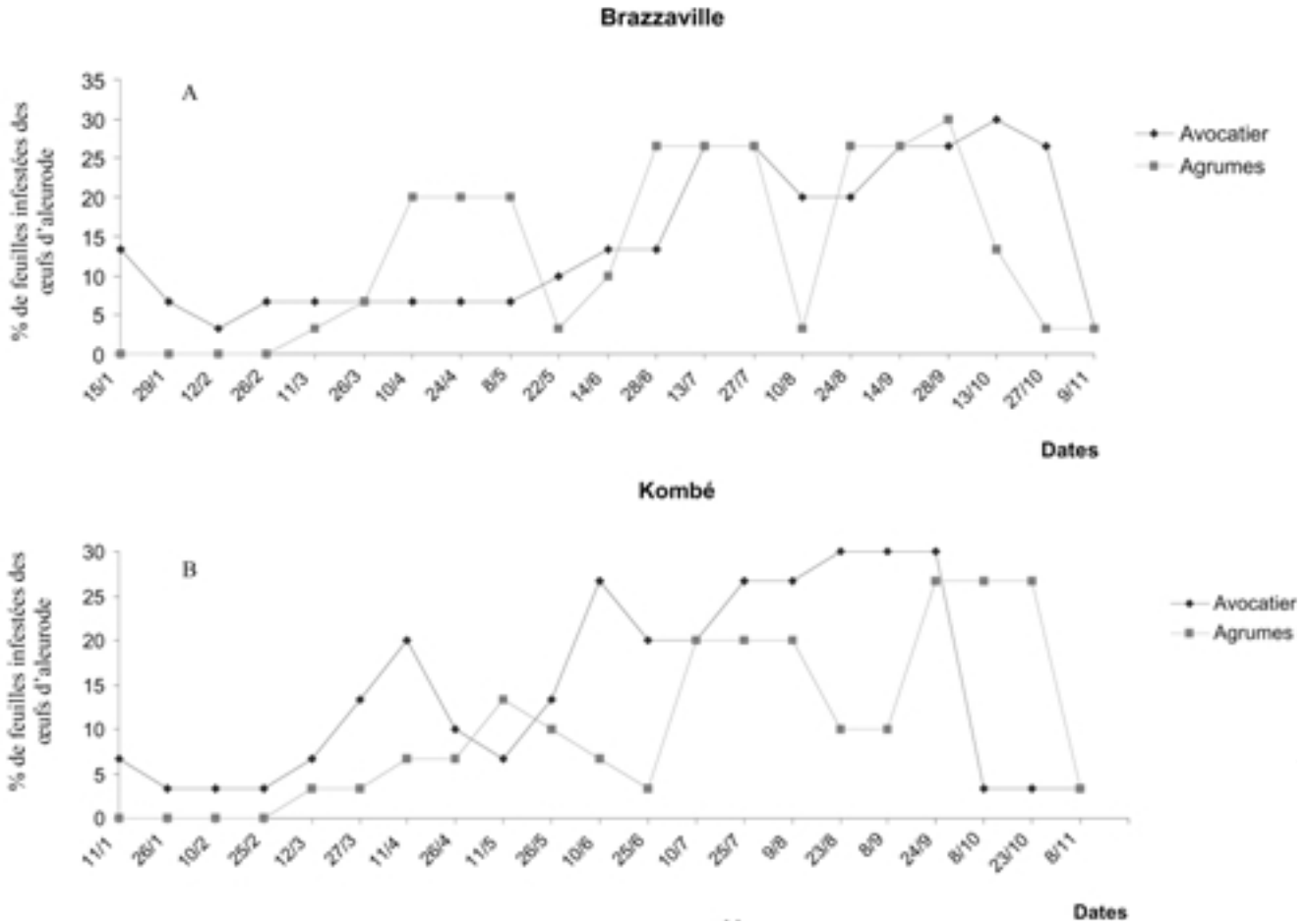


Figure 2: Evolution chronologique des populations de l'aleurode en 1996

- A) Pourcentage de feuilles infestées des œufs d'aleurode sur avocatier et agrumes à Brazzaville;
- B) Pourcentage de feuilles infestées des œufs d'aleurode sur avocatier et agrumes à Kombé.

Tableau 2
Influence de l'action mécanique de la pluie sur la densité d'*A. dispersus*, en 1996, à Brazzaville et Kombé

Sites	Brazzaville			Kombé		
	Total pluies (mm) tombées avant	Nombre d'aleurodes par feuille (moyenne avocatier + agrumes)		Total pluies (mm) tombées avant	Nombre d'aleurodes par feuille (moyenne avocatier + agrumes)	
Dates d'observation	observation	œufs	L4	observation	œufs	L4
Mars	14,5 ¹	3,2	2,3	13,6	3,2	3,2
Avril	14,5	3,8	2,3	13	3,9	2,8
Mai	10,5	3,6	2,1	10,3	4,1	2,5
Juin	15,4	4,5	2,4	15,4	6,0	2,3
Juillet	1,0	6,3	2,5	1,0	5,6	3,6
Août	1,0	5,0	3,5	1,0	7,5	4,1
Septembre	1,0	6,6	3,9	1,0	8,2	5,3
Octobre	6,4	5,9	2,9	6,3	6,1	3,5
Novembre	8,9	2,4	1,6	7,7	1,6	1,7

- à Brazzaville: œufs, r²: -0,70; L₄, r: -0,65
- à Kombé: œufs, r: -0,56; L₄, r: -0,69

F_{0,05}³

¹ Les moyennes sont transformées en $\sqrt{x+1}$

² Coefficients de corrélation entre facteurs climatiques et densité d'aleurodes

³ Corrélations significatives

De mars à avril, les phases de faibles pourcentages des feuilles infestées par rapport à l'ensemble des feuilles examinées (Figures 1 A et 1 B, Figures 2 A et 2B) sont synchrones d'une forte pluviosité.

Le retour à une pluviométrie déficitaire de saison sèche favorise une augmentation des pourcentages des feuilles infestées par rapport à l'ensemble des feuilles examinées (mai-septembre) (Figures 1 A et 1 B, Figures 2 A et 2 B).

De même, on peut avancer une corrélation du phénomène précédent avec les fluctuations de la population d'aleurodes (Tableau 2).

On peut en conclure que c'est l'action mécanique de la pluie qui se traduit par un lessivage du végétal au cours des pluies brutales avec élimination d'une partie des œufs qui conduit à l'effondrement numérique observé chez *A. dispersus* en octobre et novembre, à Brazzaville et Kombé.

Discussion et conclusion

A Brazzaville et à Kombé en 1995-1996, cette étude qui a intéressé la dynamique comparée des populations d'*A. dispersus* sur avocatier et agrumes, s'apparente par les 30% de fréquence maximale des feuilles infestées à celle entreprise en Floride (4). Cependant l'observation des courbes de pourcentages des feuilles infestées permet de découvrir certaines variations laissant entrevoir une extension des populations d'*A. dispersus* sur avocatier et agrumes en 1995-1996.

L'évolution temporelle du pourcentage des feuilles infestées des œufs d'*A. dispersus*, aussi bien à Brazzaville qu'à Kombé, montre que:

Ce ravageur développe trois à quatre générations sur les feuilles d'avocatier et deux à trois générations sur les feuilles d'agrumes.

Le nombre inférieur de générations sur agrumes n'est vraisemblablement pas lié au décalage chronologique de l'aleurode entre agrumes et avocatier. Il s'explique probablement par le fait que ceux-ci ont un plus grand nombre de jeunes feuilles de la nouvelle poussée de

sève de début de saison des pluies; celles-ci sont en effet, peu attractives pour l'aleurode. Ces données sont proches des deux générations de l'aleurode *Dialeurodes citri* Ashmead observées sur les feuilles d'agrumes de la poussée estivale en Corse (10).

Le rôle de la pluie sur les fluctuations du pourcentage des feuilles infestées est un paramètre important de quantification du phénomène de gradation des populations d'*A. dispersus*.

Le rôle mécanique global de la pluie sur l'abondance des populations de l'aleurode est montré ici pour la première fois en Afrique intertropicale. Il explique semble-t-il le rapide déclin des populations du ravageur dès l'arrivée de la saison des pluies. L'importance de ce paramètre a été mise en évidence en Floride (12). Cependant, seuls Kumashiro *et al.* ont entrepris l'étude quantitative de ce paramètre à Hawaï; ils ont montré que la corrélation entre la densité des populations d'*A. dispersus* et la pluviométrie était faiblement significative (7).

En définitive, la pluviométrie ne peut jouer seule un rôle important sur la dynamique des populations du ravageur. L'incidence de la phénologie de la plante-hôte qu'on a abordé dans une autre étude pourrait vraisemblablement influencer les populations de l'aleurode (5).

Les résultats de la présente étude devraient aider à la mise au point d'une méthode de lutte intégrée. Dans le cadre des programmes de lutte biologique qui se développent à travers le monde sur *A. dispersus*, nos données enregistrées sur une population indemne de tout parasitisme représentent une information absolument nécessaire avant d'envisager toute introduction d'entomophages exotiques; ces données pourront utilement permettre de comparer les fluctuations de populations du ravageur et de mesurer l'impact des entomophages.

Remerciements

L'auteur exprime sa gratitude à Messieurs C. Loumouamou et R.R. Bouemis de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile (ANAC) pour l'aide qu'ils ont apportée dans la fourniture des données pluviométriques.

Références bibliographiques

1. Adoumbaye Issa P., 1996, Etude de la relation entre les arbres fruitiers et l'aleurode *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera, Aleyrodidae). Détermination de ses plantes-hôtes essentielles au Congo. Mémoire de fin d'études IDR. Univ. Marien Ngouabi de Brazzaville. 41p.
2. Akinlosotu T.A., Jackai L.E.N., Ntonifor N.N., Hassan A.T., Agyakwa C.W., Odebiyi J.A., Akingbohunge A.E. & Rossel H.W., 1993, Spiralling whitefly in Nigeria, FAO Plant Prot. Bull. 41, 126-129.
3. Cherry R., 1980, Host plant preference of the whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell. Florida Entomologist. 63, 222-225.
4. Kajita H., Samudra M.I. & Naito A., 1991, Discovery of the spiralling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) from Indonesia, with notes on its host plants and natural enemies. Appl. Ent. Zool. 26, 397-400.
5. Kiyindou A., 2002, Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie des homoptères ravageurs des arbres fruitiers et autres plantes. II- Influence de la plante-hôte et de sa phénologie sur l'évolution des infestations d'*Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) en République du Congo, Tropicultura (soumis à publication).
6. Kiyindou A., Adoumbaye I.P., Mizere D. & Moussa J.B., 1999, Influence de la plante-hôte sur le développement et la reproduction de l'aleurode *Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) au Congo. Fruits. 54, 115-122.
7. Kumashiro B.R., Lai P.Y., Funasaki G.Y., & Teramoto K.K., 1983, Efficacy of *Nephaspis amnicola* and *Encarsia haitiensis* in controlling *Aleurodicus dispersus* in Hawaii. Proceedings, Hawaiian Entomological Society. 24, 261-269.
8. Mound L.A. & Halsey S.H., 1978, Whitefly of the world. 340.
9. Neuschwander P., 1994, Spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus*, a recent invaded and new cassava pest. Africa crop science Journal. 2, 419-421.
10. Onillon J.C., Onillon J. & Brun P., 1975, Contribution à l'étude de la dynamique des populations d'homoptères inféodés aux agrumes. II-3- Premières observations sur l'évolution comparée des populations de *Dialeurodes citri* Ashmead (Hom.: Aleyrodidae) en Corse et dans le Sud-Est de la France. Fruits. 30, 167-172.
11. Russell L.M., 1965, A new species of *Aleurodicus* Douglas and two close relative (Hom.: Aleyrodidae). The Florida Entomologist. 1, 49-55
12. Weems H.V., 1971, *Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae), a possible vector of the lethal yellowing disease of coconut palms. Fla. Division of Plant Industry. Circ. No. 111. 2p.

Experiment on an Integrated Ricefish Polyculture System (6 Species, 1– 2 fish/m²) in the Mekong Delta

D.N. Long*, N.V. Lanh*, L.M. Lan* & J.-C. Micha**

Keywords: Ricefish culture– Fish polyculture– Fish production– Cost ratio profit

Summary

Our ricefish polyculture (6 species) results at two stocking densities (1 and 2 fish/m²) show that: The water quality in a ricefish polyculture system, such as water temperature (29.1 – 29.0 °C), water pH (6.6 – 6.7), water transparency (18.0 – 20.8 cm), dissolved O₂ (4.7 – 4.6 ppm), CO₂ (22.8 – 23.1 ppm), COD (11.9 – 12.7 ppm), are similar at both densities and acceptable for the 6 tropical fish species. Ammonium and phosphorus concentrations are statistically higher at 1 fish/m² (0.4 and 0.2 ppm). The primary productivity is similar for both densities (6.5 – 6.8 g O₂/m³/day) and suitable for fish culture. The phytoplankton biodiversity is relatively high and at the same level for both treatments (74 – 63 taxa), but the densities of phytoplankton, of zooplankton, and the biomass of zoobenthos are lower at the highest density (2 fish/m²), probably due to a higher predation by fish. The fish yield (808 kg/ha) at 2 fish/m² is higher than at 1 fish/m² (482 kg/ha). The cost ratio benefit (1.84) and the cost ratio profit (1.81) for farm households at 1 fish/m² are lower than those values at 2 fish/m² (2.1 and 2.05 respectively). Regarding the aquaculture extension program, the model of the ricefish polyculture (6 species) system with the stocking density of 2 fish/m² could be extended in the rice fields to improve farmer's income in the Mekong delta.

Résumé

Rizipisciculture intégrée avec 6 espèces à 2 densités de mise en charge (1 et 2 poissons/m²) dans le delta du Mékong

Nos résultats de rizipisciculture (6 espèces) à 2 densités de mise en charge (1 et 2 poissons/m²) montrent que: la qualité de l'eau dans notre système rizipiscicole, tels que la température de l'eau (29,1 – 29,0 °C), pH de l'eau (6,6 – 6,7), transparence (18,0 – 20,8 cm), O₂ dissous (4,7 – 4,6 ppm), CO₂ (22,8 – 23,1 ppm), DCO (11,9 – 12,7 ppm) est semblable aux 2 densités et acceptable pour les 6 espèces de poissons tropicaux. Les concentrations en ammoniacque et en phosphore sont statistiquement plus élevées à 1 poisson/m² (0,4 et 0,2 ppm). La production primaire est semblable aux 2 densités (6,5 – 6,8 g O₂/m³/j) et adéquate pour l'élevage de poisson. La biodiversité du phytoplancton est relativement élevée et plus ou moins semblable aux 2 densités (74 – 63 taxa) mais les densités de phytoplancton, de zooplancton et la biomasse des macroinvertébrés benthiques sont plus faibles à la densité de 2 poissons/m², ce qui est probablement dû à la prédation plus élevée des poissons. La récolte de poissons est plus élevée (808 kg/ha) à 2 poissons/m² qu'à 1 poisson/m² (482 kg/ha). Le rapport coût bénéfice (1,84) et le rapport coût profit (1,81) sont plus faibles à 1 poisson/m² qu'à 2 poissons/m² (2,1 et 2,05 respectivement). En conclusion, le modèle de rizipolyculture à 6 espèces avec une mise en charge de 2 poissons/m² a été recommandé pour le programme de vulgarisation en vue d'améliorer les revenus des rizipisciculteurs du delta du Mékong, Vietnam.

Introduction

Most aquaculture has been developed in a freshwater environment in particular through integrated cultivation of rice and fish, the two dietary mainstays, which are traditional in many parts of South and Southeast Asian countries, such as China, Vietnam, Thailand, Indonesia, Malaysia, Bangladesh, India, the Philippines, Korea and Cambodia (14, 43).

The ricefish culture system has been carried out for a long time in the south of Vietnam (11, 16, 58). Rice and fish production in this system have been considered highly efficient in improving the farmers' net income and their lives in the rural areas of the Mekong delta region (11, 45, 58). Some authors (11, 16, 58)

showed that, if ten years ago about 20 – 30% of the rural farmers adopted the model of integrated ricefish culture system now, about 70 – 80% of fish farmers are utilizing this model in the Mekong delta. Nevertheless, according to the West-East-South Project (WES) survey data (1997) on the ricefish polyculture system in the Mekong delta, the fish stocking density was unsuitable and needed to be improved. Some authors (4, 16, 47, 55) reported that fish stocked at 1.8 to 4.8 fish/m² produce fish yields of 99 to 730 kg/ha but, in most cases, the fish yields fluctuated from 230 to 324 kg/ha (10, 16, 37, 41, 42, 47).

* Institute of Aquaculture and Fisheries Science, College of Agriculture, Can Tho University, CAN THO, Vietnam.

** URBO, FUNDP, Rue de Bruxelles, 61 B-5000 NAMUR, Belgique.

Received on 26.07.02 and accepted for publication on 14.08.02.

We therefore designed different experiments to improve the productivity and the cost ratio profit of this ricefish culture system in a sustainable way. We present the results of the first experiment with 6 fish species stocked at 2 densities (1 and 2 fish/m²) and fed at a very low level (3% of body weight) with fresh agricultural by-products. To understand the effect of fish treatments on the production of the system, we have investigated and compared the water quality, primary productivity, phytoplankton, and zooplankton density, zoobenthos biomass, fish growth, fish yield and, finally we analyzed the household income of the integrated ricefish polyculture system.

Materials and methodology

Experimental designed on ricefish culture system

The experiment on the ricefish culture system was carried out at two sites. The O-mon experimental research station (O-mon CADET), and WES demonstration farms in O-mon district, Can Tho province (Figures 1 and 2). Six rice fields were used for the experiments in which three rice fields (3 replications) from the O-mon CADET with an average area of 1,500 m² each and three rice fields belonging to the WES ricefish demonstration farms of 3,000 m² each. The technically designed structures inside the rice fields were the same for both experiments, with 4 trenches along the dikes of each rice field. The width of the trenches was about 2.8 – 3 m at the surface and about 2.2 – 2.4 m at the bottom. The total area of the rice field trenches occupied about 25 – 28% of the former rice field areas. The water depth of trenches was about 1.0 – 1.2 m. Treatment 1 (1 fish/m²) was conducted in 3 rice fields in the O-mon experimental research station, while treatment 2 (2 fish/m²) was conducted in 3 other rice fields of WES's ricefish demonstration farms. During the experiment, the water level in these rice fields was controlled through the sluice gate that is connected to a water irrigation canal following the technical protocol rice cultivation adopted by the Crop Science Department, College of Agriculture, Can Tho University.

The polyculture experiment was carried out in 1997 - 1998 with 6 species and included two treatments at two different fish stocking densities of 1 and 2 fish/m². The fish species were:

Cyprinidae, silver barb (*Puntius gonionotus* Bleeker), with a diet of mainly aquatic macrophytes; common carp (*Cyprinus carpio* L.), feeding mainly on zoobenthos (41); silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* (S.) Harmaldi), feeding mainly on phytoplankton (61).

Cichlidae, tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), feeding mainly on phytoplankton (3, 61).

Anabantidae, snakeskin gouramy (*Trichogaster pectoralis* Regan), feeding mainly on waste matter (24, 32, 39, 61).

Helostomatidae, kissing gouramy (*Helostoma temminckii* Cuvier), feeding on waste matter and phytoplankton (39, 61).

On the basis of the ecological characteristics of these species in the natural water bodies, and on the WES

survey data in the Mekong delta and on the availability fingerlings from hatchery, the fish species were stocked as shown in table 1.

Table 1
Fish species and stocking structures of a polyculture experiment (6 species) in the ricefish culture system

Fish species	Treatment 1: 1 fish/m ²	Treatment 2: 2 fish/m ²
	Stocking rate (%)	Stocking rate (%)
Silver barb	40	40
Tilapia	20	20
Common carp	15	15
Silver carp	10	10
Snakeskin gouramy	10	10
Kissing gouramy	5	5

Rice field preparation

The experimental rice fields were carefully prepared by clearing away aquatic macrophytes and wild grass that appeared around and inside the rice fields, draining out the water, catching predators such as snakehead, Asian catfish, climbing perch, then sloughing and harrowing 10 – 15 cm of the surface soil of flat-form and removing and leveling mud at the bottom of the trenches of the rice fields, based on the methods of Tuan and Tam (56). We supplied lime only to the trenches at the rate of 10 - 15 kg/100 m² then dried the rice fields for 3 - 5 days, fertilizing with dried pig manure at the rate of 1.2 – 1.5 t/ha. After that, the rice fields were filled with water and the level maintained in the trenches at 100 – 120 cm.

Experimental rice

The Farming System Research Institute produces a high yield rice seed CS 69 that is used in our experimental ricefish system following the protocol of the rice culture technique used by the Crop Science Department, College of Agriculture, Can Tho University. Rice fields were set out in rows, with rice seed sowed at a rate of 140 – 150 kg/ha after 3 to 5 days of rice field preparation. Inorganic fertilizers such as Urea (46% of nitrogen), super phosphate (16% of P₂O₅) and potassium chloride (60% of K₂O) were supplied to rice fields three times with different rates of urea (200 kg/ha), super phosphate (135 kg/ha) and KCl (100 kg/ha). Regarding the pesticides, insecticides and herbicides that are used in the experimental rice fields, the method of IPM (Integrated Pest Management) was applied. Rice was harvested after 100 – 105 days.

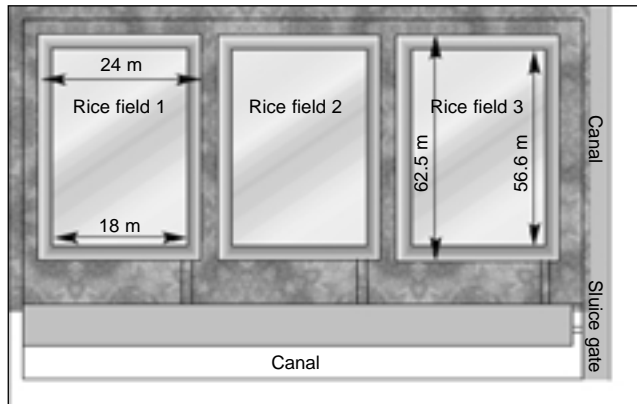


Figure 1: Ricefish fields at O-mon experimental station, CanTho University.



Figure 2: WES ricefish fields demonstration in O-mon district, Cantho province.

Experimental fish and feeding regime

Fish fingerlings were produced by Can Tho experimental fish hatchery, Can Tho University. The average initial weight of fish fingerlings was 1.7 – 4.6 g/fish. All fingerlings were stocked in the rice fields after rice seed sowing of 25 – 30 days in June according to the stocking rate of table 1. During cultured periods, the agricultural by-products, such as rice bran, broken rice, waste vegetables, freshwater spinach (*Ipomoea aquatica* Forskal), fresh sweet potato leaves, freshwater trash fish, mud crab and freshwater local snails, sometimes golden apple snails were used as supplementary feed for fish at a feeding rate of 3% total fresh body weight/day. Fish production was harvested at the end of the culture cycle in February of the following year.

Water quality and natural productivity determination

The physical parameters of water in the culture system such as water temperature (°C), water pH, and

water transparency (cm), were determined monthly by using a portable pH meter and Secchi disc. The chemical parameters such as DO, CO₂, COD, NH₄⁺, PO₄³⁻ (ppm), were also collected and analyzed monthly following the general methods (6, 13). Phytoplankton, zooplankton and zoobenthos were collected and analyzed monthly using the methods of (44, 46). Primary productivity was measured monthly in accordance with the classical methods (37, 38).

Evaluation of fish growth parameters

Fish samples were collected monthly to determine individual weight and total length by using a measuring board and an electrical balance (Model PC 4400, sensitivity 0.01 g). All fish species were harvested at the end of the experiment in order to measure the yield (kg/ha). To evaluate fish growth, the parameters of the daily weight gain (g/day), the specific growth rate (%/day), the survival rate (%), and the fish production (kg/ha/year) were calculated following the method of Long (24).

Household level financial analysis of the experiment

All the data were collected to calculate the total investment cost occasioned by the culture system, and at the end of the experimental ricefish culture, all productions were harvested to calculate the total output from this system. The parameters such as gross benefit return, net benefit return, cost ratio benefit and cost ratio profit for farm households were calculated according to Rainboth, and Xuan (41, 60).

Data analysis

The data obtained from the experiment were collected on Excell 5,0 and analyzed by using one-way ANOVA (34) and T- tests ($p < 0.05$) with the software package of statistica 5.5 to determine the significant factors between both treatments (1 and 2 fish/m²) in this ricefish polyculture system (6 species) in the Mekong delta.

Results

Water quality parameters

The results presented in table 2 show that the mean values of water temperature and water pH in both treatments ranged from 29 to 29.1 °C and 6.6 to 6.7 respectively. There were no significant differences in parameters of water temperature (°C) and water pH ($p > 0.05$) between both treatments. These values are relatively stable and within acceptable levels for fish growth and development in the culture system (3, 5, 38, 57). However, the water transparency (cm) was significantly higher ($p < 0.05$) in treatment 1 (20.8 cm) than in treatment 2 (18 cm).

Regarding the chemical parameters of water (Table 2) show that the mean concentrations of dissolved oxygen (DO), carbon dioxide (CO₂) and chemical oxygen demand (COD) in two treatments ranged from 4.6 to 4.7 ppm, 22.8 to 23.1 ppm and 11.9 to 12.7 ppm respectively. The mean values were slightly higher in

treatment 1 than in treatment 2, but with no significant difference ($p > 0.05$) between both treatments. Based on the eco-biological characteristics of the culture fish species, these results are acceptable values for fish growth and development in the ricefish culture system (3, 5, 38, 53, 54, 57).

The availability of ammonium (NH_4^+) and phosphorus (PO_4^{3-}) is an important factor for primary production in the ricefish culture system (17). In this experiment, the mean value (Table 2) of ammonia in treatment 1 (1 fish/m²: 0.39 ppm) was higher than in treatment 2 (2 fish/m²: 0.24 ppm) and the differences were statistically significant ($p < 0.05$). The mean value of PO_4^{3-} in treatment 1 (0.17 ppm) was higher than in treatment 2 (0.11 ppm), the differences being statistically significant ($p < 0.05$).

Primary production and natural foods in the ricefish culture system

Primary production in the rice fish culture system

The results (Table 2) show that the mean values of primary productivity (6.76 g O₂/m³/day) in treatment 1 are a little higher than in treatment 2 (6.46 g O₂/m³/day), but the differences are not significant ($p > 0.05$).

Natural food in the rice fish culture system

a) Phytoplankton taxa and density

The results in table 2 show that the number of phytoplankton taxa was higher in treatment 1 (74 taxa) than in treatment 2 (63 taxa), but with no significant differences ($p > 0.05$). The highest diversity of phytoplank-

Table 2
Mean and standard deviation (STD) of water quality parameters and natural foods in a ricefish system (3 replications) at 2 stocking densities (1 and 2 fish/m²)

Parameters	Treatment 1: 1 fish/m ²	Treatment 2: 2 fish/m ²
Water quality		
Water temperature (°C)	29.1 (3.3)	29 (3.4)
Water pH	6.6 (0.3)	6.7 (0.2)
Water transparency (cm)	20.8 (14.4) *	18 (7.8) *
Dissolved oxygen (ppm)	4.7 (1)	4.6 (1.2)
CO ₂ (ppm)	23.1 (3.9)	22.8 (3.3)
COD (ppm)	12.7 (4.03)	11.9 (1.8)
NH ₄ ⁺ (ppm)	0.39 (0.23) *	0.24 (0.14) *
PO ₄ ³⁻ (ppm)	0.17 (0.06) *	0.11 (0.04) *
Primary productivity (gO ₂ /m ³ /day)	6.8 (3.5)	6.5 (2.7)
Natural foods		
Taxa of Phytoplankton	74	63
Phytoplankton density (cell/l)	48796 (15490) *	22337 (6689) *
Cyanophyta	8278 (2536)	5163 (1601)
(%)	16.9	24.00
Chlorophyta	11771 (6249)	5230 (2352)
(%)	23.6	22.6
Euglenophyta	16279 (8227)	6026 (2028)
(%)	33.3	27.1
Bacillariophyta	12476 (5539)	5918 (2359)
(%)	26.0	26.4
Taxa of Zooplankton	51	46
Zooplankton density (ind./l)	414 (233) *	364 (107) *
Rotatoria	70 (17)	70 (14)
(%)	19.0	21
Cladocera	86 (34)	87 (28)
(%)	22.5	23.9
Copepoda	184 (85)	153 (85)
(%)	40.3	40.1
Protozoa	75 (43)	54 (21)
(%)	17.8	15.2
Taxa of Zoobenthos	7	10
Zoobenthos biomass (g/m ²)	24.4 (15.8) *	13.3 (12.8) *
Oligochaeta	0.5 (0.5)	0.4 (0.2)
(%)	2	16
Gastropoda	23.6 (15.8)	13 (13)
(%)	95.5	80.1
Insecta larvae	0.3 (0.6)	0.3 (0.6)
(%)	2.5	3.9

ANOVA significance levels: (*) < 0.05 and (**) < 0.01

ton was observed for Chlorophyta (39.2% to 42.3% for T1 and T2), followed by Bacillariophyta (24.3% to 22.2% for T1 and T2) and Euglenophyta (18.9% to 20.6% for T1 and T2), and finally Cyanophyta (17.6% to 15.9% for T1 and T2). Typically, the main species of Chlorophyta are *Closterium moniliforme* (Bory) Her. *Spirogyra protecta* Wood, *Pediastrum boryanum* Raciborsky, for Bacillariophyta: *Nitzschia acicularis* Smith, *Navicula gastrum* Hustedt, for Euglenophyta: *Euglena acus* Ehr, *Euglena oxyuris* Schmarida, *Euglena hyaline* Ehr, Cyanophyta: *Oscillatoria limosa* Ag., *Spirulina major* Kutz, *Merismopedia elegans* Braun (45, 47). These results were approximately the same results as those obtained from the natural water bodies of the Mekong delta (4, 25, 26).

The mean density of phytoplankton in treatment 1 (48,796 cell/l) is higher than in treatment 2 (22,337 cell/l) and the difference was significant ($p < 0.05$) between both treatments. The highest phytoplankton density in treatment 1 was Euglenophyta, (33.3 %) followed by Bacillariophyta (26%), Chlorophyta (23.6%) and finally Cyanophyta (16.9%). In treatment 2, the highest percentage of phytoplankton density was also Euglenophyta (27.1%), followed by Bacillariophyta (26.4%) Cyanophyta (24%) and finally Chlorophyta (22.6%).

b) Zooplankton taxa and density

The results of table 2 show that the taxa of zooplankton in treatment 1 (51 taxa) are higher than in treatment 2 (46 taxa), but without a significant differences ($p > 0.05$) between both treatments. Rotatoria and Cladocera are the 2 main zooplankton orders with the greatest diversity compared to Copepoda and Protozoa. Typically, for Copepoda, the main species are: *Cyclops vernalis* Fischer, *Limnoncaea genuine*, *Sinodiatomus chaffanjon* Richard, for Cladocera: *Moina mocrocopa* Straus, *Moina brachiata* Jurine,

Diaphanosoma brachyurum Lieven, for Rotatoria: *Brachionus plicatilis* Pallas, *Brachionus falcatus* Zacharis, *Brachionus quadridentatus* Hermann and, finally, for Protozoa: *Tintinnopsis cylindrata*, Kofoid and Campabell; *Arcella polypora* Penard (40, 44, 46).

The mean zooplankton density in treatment 1 (414 ind./l) was higher than the density in treatment 2 (364 ind./l) and the differences were significant ($p < 0.05$). The highest percentages were for Copepoda, ranging (40.1 – 40.3%), followed by Cladocera (22.5 – 23.9%), Rotatoria (19 – 21%) and finally for Protozoa (15.2 – 17.8%).

c) Zoobenthos taxa and biomass

The results presented in table 2 show that the mean biomass of zoobenthos in treatment 1 (24.39 g/m²) was significantly ($p < 0.05$) higher than in treatment 2 (13.33 g/m²). The highest biomass was observed for Gastropoda (80.1 – 95.5%) in both treatments, followed by Oligochaeta (2 – 16%) and finally Insecta larvae (2.5 – 3.9%). The main species of Gastropoda are: *Cipangopaludina iecythoides* Benson, *Pila conia* Gray, *Sinotaia aeruginosa* Reeve, for Oligochaeta: *Branchiura sarwerbgii* Beddard, *Aulodrilus limnbius* Bretscher, *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede and finally Insecta: *Chironomus* sp only (44).

Fish production

The results presented in table 3 show that the average final body weight of silver barb, tilapia, common carp and silver carp in treatment 1 (177.5, 172.3, 443.7 and 446.7 g/fish respectively) were higher than in treatment 2 (155.8, 158.1, 425.8 and 428.3 g/fish respectively) with statistical differences ($p < 0.05$) in mean body weight at $p < 0.05$ for silver barb, tilapia and common carp and at $p < 0.01$ for silver carp. The mean final body weight of snakeskin gouramy and kissing

Table 3
Average and standard deviation (STD) of fish weight (g/fish) stocked at two fish stocking densities (1 and 2 fish/m²) in a ricefish polyculture (6 species) system

Fish species	Stocking rate (%)	Initial weight (g/fish)	Weight at harvest (g/fish)
Treatment 1: 1 fish/m²			
Silver barb	40	1.73 (0.8)	177.5 (4.8) *
Tilapia	20	2.4 (0.6)	172.3 (9.8) *
Common carp	15	3.5 (0.9)	443.7 (9.3) *
Silver carp	10	4.6 (0.7)	446.7 (8.1) *
Snake skin gouramy	10	3.6 (1.0)	52.6 (1.5)
Kissing gouramy	5	3.8 (0.9)	142.6 (1.7)
Treatment 2: 2 fish/m²			
Silver barb	40	1.7 (0.8)	155.8 (5.1) *
Tilapia	20	2.4 (0.6)	158.1 (9.2) *
Common carp	15	3.5 (0.9)	425.8 (3.9) *
Silver carp	10	4.6 (0.7)	428.3 (3.6) *
Snake skin gouramy	10	3.6 (1.01)	56.3 (0.7)
Kissing gouramy	5	3.8 (0.9)	156.8 (2.4)

ANOVA significance levels: (*) < 0.05 and (**) < 0.01

Table 4
Survival rate (%) with standard deviation (STD), yield and annual fish production at two densities (1 and 2 fish/m²) in a ricefish polyculture (6 species) system

Fish species	Survival rate (%)	Yield of fish (kg/ha)	Fish production (kg/ha/year)
Treatment 1: 1 fish/m²			
Silver barb	26 (1.0)	184.6	221.5
Tilapia	31 (2.7) *	106.6	130
Common carp	9 (1.0)	60	72
Silver carp	20 (2.7) *	89.3	107
Snake skin gouramy	31 (3.6) *	16.3	19.6
Kissing gouramy	35 (3.6)	25	30
Average survival rate	25.3 (9.5) *		
Total fish yield		482	
Total fish production			580
Treatment 2: 2 fish/m²			
Silver barb	24 (2.3)	299	359
Tilapia	28 (2.7) *	176.6	212
Common carp	8 (1.0)	102	122.4
Silver carp	17 (2.0) *	145.3	174.3
Snake skin gouramy	28 (2.6) *	31.5	37.8
Kissing gouramy	34 (2.0)	53.3	64
Average survival rate	23.2 (9.3)*		
Total fish yield		807	
Total fish production			969.5

ANOVA significance levels: (*) < 0.05 and (**) < 0.01

gouramy at the harvesting time in both treatments (52.6 – 56.3 g/fish and 142.6 – 156.8 g/fish respectively) was not statistically significant ($p > 0.05$).

Moreover, the mean survival rates (Table 4) show that tilapia, silver carp and snakeskin gouramy in treatment 1 were significantly higher ($p < 0.05$) than in treatment 2. Finally, the total fish yield and annual fish production (Table 5) obtained in treatment 1 were 482 kg/ha and 580 kg/ha/year respectively, while in treatment 2 these results show a better fish yield (807 kg/ha) and a higher fish production (969.5 kg/ha/year).

Rice production

The results presented in table 5 show that the mean rice yields during the dry and wet crop seasons obtained in treatment 1 (5,563 kg/ha and 3,782 kg/ha respectively) are a little lower than in treatment 2 (5,600 kg/ha and 3,800 kg/ha respectively), but the differences are not significant ($p > 0.05$). These rice yields are relatively similar to those of (15, 52) in O-mon district, Can Tho province, in the Mekong delta.

Table 5
Rice yield and rice production in a ricefish polyculture (6 species) system at two fish densities (1 and 2 fish/m²) at different crop seasons

Items and crop seasons	Treatment 1 (1 fish/m ²)	Treatment 2 (2 fish/m ²)
Dry season (winter – spring crop) (October – January: 4 months)		
• Yield of rice (kg/ha)	5,563 (x)	5,600 (x)
Wet season (summer – autumn crop) (March – July: 4 months)		
• Yield of rice (kg/ha)	3,782 (y)	3,800 (y)
“Chet” rice after summer-autumn crop (August – September: 2 months) (Not harvested and estimated kg/ha)	700 – 800 (Fish food only)	700 – 800 (Fish food only)
Total annual rice yield (kg/ha)	9,345	9,400
Total annual rice production (kg/ha/year)	14,212	14,296

(x) WES (1996 – 1997), O-mon agricultural extension station, O-mon district, (1997-1998)

(y) Yield of rice in an experiment on a ricefish culture system

ANOVA significance levels: (*) < 0.05 and (**) < 0.01

Table 6

Farm household income analysis (in VND, 1USD = 11,000 VND) of the ricefish polyculture (6 species) system at two fish stocking densities (1 and 2 fish/m²)

Items	Treatment 1 (1 fish/m ²)	Treatment 2 (2 fish/m ²)
Investment cost for operation system		
Investment cost for rice (VND/ha)	6,890,000	6,890,000
Investment cost for fish (VND/ha)	2,810,000	3,230,000
Total investment cost for ricefish system	9,700,000*	10,120,000*
Production system		
<i>Gross rice production</i>		
Gross rice yield per ha (kg/ha)	9,345	9,400
Gross rice production (kg/ha/year)	14,212	14,296
<i>Net rice production</i>		
Net rice yield (kg/ha)	9,195	9,250
Net rice production (kg/ha/year)	13,984	14,067
<i>Gross fish production</i>		
Gross fish yield per ha (kg/ha)	482 *	807 *
Gross fish production (kg/ha/year)	580	969.5
<i>Net production of fish culture</i>		
Net fish yield (kg/ha)	470 *	784 *
Net fish production (kg/ha/year)	564	946
Gross return to ricefish households		
<i>Rice production</i>		
Rice yield (VND/ha)	13,083,000	13,160,000
Rice production (VND/ha/year)	19,896,000	20,014,000
<i>Fish production</i>		
Fish yield (VND/ha)	4,810,000	8,077,000
Fish production (VND/ha/year)	5,800,000	9,695,000
Net return to ricefish households		
Rice yield (VND/ha)	12,873,000	12,950,000
Rice production (VND/ha/year)	19,577,600	19,693,800
Fish yield (VND/ha)	4,700,000 *	7,841,000 *
Fish production (VND/ha/year)	5,640,000	9,460,000
Total farm net income		
Ricefish system (VND/ha)	17,573,000 *	20,791,000 *
Ricefish system (VND/ha/year)	25,217,600	29,153,800
Cost ratio benefit for ricefish system		
Cost ratio benefit for ricefish system/ha	1.84 *	2.10 *
Cost ratio benefit for culture system/ha/year	2.64	2.94
Cost ratio profit for ricefish system		
Cost ratio profit for ricefish system/ha	1.81*	2.05*
Cost ratio profit for culture system/ha/year	2.60	2.88

(Average price of fish 1 kg= 10,000 VND and 1 kg rice= 1,400 VND in 1997 - 1998)

Income of farm households

The total investment cost includes: rice field preparation for rice cultivation and fish culture, rice seeds and fish fingerlings, fertilizers, water supply, transportation, harvesting, etc... Our results (Table 6) show that the total investment cost for treatment 1 (1 fish/m²) is 9,700,000 VND/ha, while for treatment 2 (2 fish/m²) is 10,120,000 VND/ha. The total net rice yield in treatment 2 (9,250 kg/ha) was higher than in treatment 1 (9,195 kg/ha). The total net fish yield in treatment 1 (470 kg/ha) is significantly ($p < 0.05$) lower than in treatment 2 (784 kg/ha). The total farm net income was 17,573,000 VND/ha for treatment 1 and 20,791,000 VND/ha for treatment 2. The net return to

the ricefish farmers from fish production was 4,700,000 VND/ha in treatment 1 (26.8% of the total income) and 7,841,000 VND/ha (38% of the total income) in treatment 2. The cost ratio benefit per ha was 1.84 for treatment 1 and 2.1 for treatment 2. Obviously, the cost ratio profit for farm household is lower in treatment 1 (1.81) than in treatment 2 (2.05).

Discussion

Water quality parameters

The productivity of the ricefish polyculture system depends on a considerable number of eco-technological parameters, such as the designed structures, the

water quality factors, the inorganic and organic nutrient inputs, the quality and quantity of fish stocked in the system (20, 38, 43).

The results of water temperature (29.1 – 29.0 °C), water pH (6.6 – 6.7), water transparency (18.0 – 20.8 cm), dissolved oxygen (4.7 – 4.6 ppm), carbon dioxide (23.1 – 22.8 ppm) and chemical oxygen demand (12.7 – 11.9 ppm) are stable. They are within acceptable values for tropical fish, and will not affect the fish growth and their productivity in both treatments (3, 5, 7, 17, 38, 50). These values are approximately the same as those reported in respect of the ricefish culture system in Malaysia and Vietnam (1, 4, 24, 25, 57). Regarding the dissolved oxygen factor, some authors (1, 27) have also measured in the rice fields, 3 to 4 ppm in the morning and saturation in the afternoon due to photosynthesis activity. Moshin and Ambak (32) also noted that DO is not an important factor in ricefish farming. On the other hand, the water pH is slightly acid (6.6 to 6.7) in the experimental rice fish fields, probably due to the presence of humus left over from weeding and harvesting as well as the marshy origin of the eco-system (1, 18).

Fish yields in the ricefish system depend on the natural productivity of the rice fields, since supplementary feeding is zero or very low (1, 22). In the rice field ecosystem, nitrogen is the most important element utilized by both rice crops and weeds, in the early stages of growth. Nitrogen and phosphorus play a significant role as nutrient sources for the aquatic primary producers. This explains why the standing crop, primary productivity and natural foods in the ricefish culture system depend on the availability of these two nutrients in the aquatic ecosystem. The mean values of ammonia (NH_4^+ : 0.4 ppm) and phosphorus (PO_4^{3-} : 0.2 ppm) in treatment 1 are statistically higher ($p < 0.05$) than in treatment 2 (0.2 ppm and 0.1 ppm respectively). But due to the low quantity and quality of these agricultural by-products (80 – 90% rice bran and chopped fresh water spinach or sweet potato leaves mainly), the affected levels of nutrients (ammonia particularly) are still very limited (5, 53). Hence, the higher fish stocking density (2 fish/m²) requires higher nutrient sources for the increase natural foods in the culture system (3, 9), that result in lower phytoplankton density (22,337 cell/l vs 48,796 cell/l), lower zooplankton density (364 ind./l vs 414/ind./l) and then biomass of zoobenthos (13.3 g/m² vs 24.4 g/m²) to improve the primary productivity through the process of photosynthesis that could be probably explainable for the lower ammonia and phosphorus concentrations in treatment 2 (2 fish/m²). These results are similar to those of the previous experiments on the natural nutrients mentioned that have been carried out in the rice fish fields in Indonesia and in the south of Vietnam (2, 26, 41, 42, 54). Some authors (1, 5, 7) indicated that liming releases some of the phosphates absorbed by the mud that results in a higher concentration of solute orthophosphate in the water. This orthophosphate is the main nutrient source for phytoplankton growth in the culture water bodies (5, 12). Therefore, the intense competition for nutrient sources between rice crop and phytoplankton distributed in the rice fields decreases

the nutrient levels of NH_4^+ and PO_4^{3-} it also decreases the photosynthesis process of phytoplankton, reducing primary production and phytoplankton density in both treatments. These results of low primary productivity and low density of phytoplankton were also determined by the planktivorous species of tilapia and silver carp. These species at higher density (treatment 2: 2 fish/m²) are probably responsible for reducing phytoplankton density on mainly Chlorophyta, Euglenophyta and Bacillariophyta (30).

Abundance and availability of micro-crustaceans and rotifers for fish larvae and planktivorous adults play an important role in fish production (1, 21). Early food availability determines the year-class strength of fish populations and affects fish yields (1, 21). Micro-crustaceans (Cladocerans and Copepods) and rotifers constitute the early diet for fish larvae and fingerlings (1, 31). Most rice field fish species, such as silver barb, common carp, snake skin gouramy, kissing gouramy, feed on rotifers as early as the sixth day after hatching (1, 24). Rotatoria, Copepoda and Cladocera dominate zooplankton biocenosis in our experimental ricefish culture in both treatments, so fish fingerlings had relatively good natural food for their growth and development in the system (31). But, in our experiment, the zooplankton density decreases at higher fish stocking densities and the fish production seems higher for Copepoda particularly. These results are similar to those of the experiment in the ricefish culture system in Malaysia (1, 31).

Fish and rice production

Regarding fish production, the mean final body weight of silver barb, tilapia, common carp and silver carp in treatment 1 (1 fish/m²) were higher than in treatment 2 (2 fish/m²). These results indicate that the higher fish stocking density leads to an increase in the competition process for natural food sources between cultured fish species in treatment 2. This is probably the main factor that affects the fish growth, which is lower in treatment 1. The mean weight of snakeskin gouramy is low in both treatments due to the lack of detritus sources in the rice fields. This result is similar to those on snakeskin gouramy of (1,14, 23, 24, 57).

On the other hand, the low survival rate (%) of fish species such as tilapia, silver carp and snakeskin gouramy (31%, 20% and 31% respectively in treatment 1 and 28%, 17% and 28% respectively in treatment 2) show that the system is limited by nutrients and by the low quality of agricultural by-products. These conditions lead to an intense competition between the cultured fish species, especially the herbivorous species, at higher stocking density (2 fish/m²), which affects their lower mean final body weight and survival rate. However, the survival rate of silver barb, common carp and kissing gouramy is not significantly different between both treatments ($p > 0.05$). Nevertheless, the larger quantities of all these fishes surviving in treatment 2 partially explain the higher yield in treatment 2 (807 kg/ha) compared with that in treatment 1 (482 kg/ha).

Table 7
Compared fish yields (kg/ha) of the ricefish polyculture system in different countries of Asia

Countries	Density (fish/m ²)	Periods (days)	Fish species	Fish yield (kg/ha)	References
Malaysia	1.5- 3	180- 300	S. skin gouramy Snakehead Asian catfish	302- 470	(14)
India	1	–	<i>Clarias batrachus</i> <i>H. fossilis</i>	1,260	(14)
Cambodia	0.25- 1	180	Silver barb Tilapia Common carp S. skin gouramy Silver carp	200- 400	(35)
Vietnam	1- 4.8	210- 300	Silver barb Tilapia Common carp S. skin gouramy Silver carp Giant gouramy	280- 677	(49, 50)
Vietnam	1- 5	180- 240	Silver barb Tilapia Common carp S. skin gouramy	230- 324	(59, 60)
Vietnam	2	180	Silver barb Tilapia Common carp	319- 541.8	(42, 43)
Vietnam	1- 2	300	Silver barb Tilapia Common carp S. skin gouramy Silver carp K. gouramy	481- 807.7	This experiment

In comparison with the fish yields in the ricefish system in other Asian countries (Table 7) the fish yield in our study is higher than in Malaysia (302 – 470 kg/ha) (14, 22), than in Cambodia (200 – 400 kg/ha) (35) and especially higher than fish yields in the Mekong delta in the past that reported by (4, 47) (280 – 677 kg/ha); (47, 58) (230 – 324 kg/ha) and (41, 42) (319.9 – 541.8 kg/ha). But our result is lower than fish yields in China (1,800 kg/ha) (9, 27) and in India (1,260 kg/ha) (14, 19) probably due to the higher feeding rate (5% /total body weight/day).

The rice production in the dry crop season (Winter – Spring crop) is higher than in the wet crop season (Summer – Autumn crop) (15, 41, 52, 60), but there is no difference related to the fish stocking density.

Income of farm households

Integration of rice and fish culture can help farmers to generate more farm household income (14). Increasing the total household net benefit can only be done with an integrated, diversified and efficient pro-

duction system (16). That is why ricefish culture is lucrative and economizes investment cost for the crops (14, 20). Our results on the farm household levels illustrate that the net farm income from the ricefish culture system is significantly higher than from the rice monoculture system in the Mekong delta. Compared to other authors, our results are better at least at the highest density (2 fish/m²) than in South East Asia, where the farm net income from fish production in the ricefish culture system is 25% (22), 14.94% from the ricefish semi – intensive culture system in the Mekong delta (48, 49), 6% from the ricefish extensive culture system in the Mekong delta (41, 42). This lower income results from a lower fish stocking density and a lack of foods. The benefit cost ratio for farm household income was 1.7 in a ricefish culture system in Tien giang province, Vietnam (58), 1.07 – 1.39 from the model of rice fresh water prawns in Tam Binh district, Vinh Long province (58) and 1.1 from the model of rice-fresh water prawn in Dai Thanh village, Can Tho province, Vietnam (45). Our research shows that the fish production contributes to the total farm net

income from ricefish fields is 26.8% in treatment 1 (1 fish/m²), 38% in treatment 2 (2 fish/m²), with the cost ratio benefit per ha increasing from 1.84 for treatment 1 to 2.1 for treatment 2. According to the WES survey data (1997) there are a large number of eco-technological factors that could affect the fish production and the benefit return in the ricefish culture system (4, 48, 49).

Designed structure and preparing rice fields for rice cultivation and fish culture.

Improving the natural nutrient sources through fertilization for increasing primary productivity and producing natural foods in ricefish culture system.

Setting-up the culture system within the fish species stocking density, fish stocking structures.

Using on-farm agricultural by-products (rice bran, vegetables, chet rice etc) to decrease production costs and increase cost ratio profit for farmers.

But, there are still some constraints for the model of the ricefish culture in the Mekong delta especially, on the fish market price. Some fish species such as silver carp and kissing gouramy, are very difficult to sell and then only a very low price (48, 49).

Literature

1. Ali B., 1990, Seasonal dynamics of microcrustacean and rotifer communities in Malaysian rice fields used for ricefish farming. *Hydrobiologia* 206,139-148 p.
2. Andarias I., 1989, The effect of urea and triple superphosphate fertilizers on standing crop and chlorophyll content of klekap. Hasanudin University, Indonesia. Scientific report, 10 p.
3. Barnabe G., 1994, *Aquaculture Biology and Ecology of Cultured Species*. Ellis Horwood, 403 p.
4. Be N. V., Cong N. V., Dung D. T., Sinh L. X., Pekar F. & Olah J., 1997, Fish Farming Households in the Mekong River Delta Region, Part 2. Eco-Technological Aspects of Fish Farming Systems. WES, 28 p.
5. Boyd C. E. & Tucker C. S., 1992, *Methods for analyzing water quality in Aquaculture*. Birmingham Publishing Co.
6. Boyd C. E., 1990, *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co, 482 p.
7. Brune D. E. & Tomasso J. R., 1991, *Aquaculture and water quality*. The World Aquaculture Society, 606 p.
8. Cagauan A. G., 1999, Production, economics and ecological effect of Nile tilapia, the fern azolla and mallard duck in integrated low land rice-based farming system in the Philippines. Doctoral thesis, 388 p.
9. Chen H. & Charles A. T., 1995, Chinese integrated fish farming: a comparative bioeconomic analysis. *Aquaculture Research*. 26, 81-94.
10. Chi H. H., 1997, The present status of rice – fish farming system in Song Hau state farm, Can Tho province, south of Vietnam. Can Tho University. Scientific report, 12 p.
11. Chiem N. H., 1994, Former and present cropping patterns in the Mekong delta. *Southeast Asian studies*, Vo. 31, N° 4. Scientific report, 39 p.
12. Chiou C. Boyd & C. E., 1974, The utilization of phosphorus from muds by the phytoplankton, *Scenedesmus dimorphus*, and the significance of these findings to the practice of pond fertilization. *Hydrobiologia*, 45, 345-355.
13. Clesceri L. S., Greenberg C. A. E. & Eaton A. D., 1998, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 320 p.
14. Cruz R. D., Lightfoot C., Costa-Pierce B. A., Carangal V.R & Bimbao M.A.P., 1992, *Rice-Fish Research and Development in Asia*. ICLARM, 457 p.
15. Duong L.T., Nhan D. K., Rothuis A. J., Quang P.M., Giau T. Q., Chi H. H. & Thuy L. T., 1998, Integrated rice fish culture in the Mekong delta: problem, constraints and opportunity for sustainable. 33 p.
16. Egna H. S. & Boyd C. E., 1997, *Dynamics of pond aquaculture*. Lewis Publishers in an imprint of CRC press. 411 p.
17. Fernando C. H., Furtado J. I. & Lim R. P., 1979, The aquatic fauna of the world's rice fields. *Malaysia*, 105 p.
18. Gupta M.V., Sollows J. D., Mazid M.A., Rahman A., Hussain M.G., Dey M. M., 1998, Integrating Aquaculture with Rice Farming in Bangladesh. Feasibility and Economic Viability, Its Adoption and Impact. ICLARM, 90 p.
19. Halwart M., 1998, Trends in Rice-Fish Farming. Scientific report, 9 p.
20. Hefner B., Milstein A., Leventer H. & Teltsch B., 1989, The effect of fish density and species combination on growth and utilization of natural food in ponds. *Aquaculture and fisheries management*, 20, 59-71.
21. Khoo K. H. & Tan E. S. P., 1980, Review of rice fish culture in Southeast Asia. International workshop on integrated Agriculture – Aquaculture farming system, ICLARM manage. 1-14.
22. Little D. & Muir J., 1987, *A Guide to Integrated Warm Water Aquaculture*. Institute of Aquaculture Publications University of Stirling, 238 p.
23. Little D. & Yoonpundh R., 1997, Trends in the farming of the Snakeskin gouramy (*Trichogaster pectoralis*) in Thailand. NAGA. Scientific report, 7 p.
24. Long D. N., 1996, Technical aspects for the ricefish culture in the Mekong delta. The workshop on ricefish culture in the Mekong delta. Can Tho University. Scientific paper report. 12 p.
25. Long D. N., Son V. N. & Oanh D. T. H., 1999, Assessment of the development of aquatic fauna and flora in problem soil areas and in relation with aquaculture aspects. Sarect project, Can Tho University. Scientific report annually, 83 p.
26. Mackay K. T., 1995, *Rice-Fish Culture in China*. International Development Research Centre, 265 p.
27. Mathias J. A., Charles A. T. & Baotong Hu, 1998, *Integrated Fish Farming*. CRC, 420 p.
28. Mekong Delta Farming System Research Institute, 2001, Development of new technologies and their practice for sustainable farming systems in the Mekong delta. JIRCAS – CLRR – CTU-SOFRI. Proceedings of the 2001 annual workshop of Jircas Mekong delta project, 350 p.
29. Milstein A., Hefner B. & Teltsch B., 1985, Principal component analysis of interactions between fish species and the ecological conditions in fish ponds: I. Phytoplankton. *Aquaculture and fisheries management*, 1985. 16, 305-317.
30. Milstein A., Hefner B. & Teltsch B., 1985, Principal component analysis of interactions between fish species and the ecological conditions in fish ponds: II. Zooplankton. *Aquaculture and fisheries management*, 16, 319-330.
31. Milstein A., Hefner B. & Teltsch B., 1988, The effect of fish species combination in fish ponds on plankton composition. *Aquaculture and fisheries management*. 19, 10 p.
32. Mohsin A. K. M. & Ambak M.A., 1983, *Freshwater fish of Peninsular Malaysia*, 284 p.
33. Naca, 1989, *Integrated fish farming in China*. Naca technical Manual 7. A world Food Day Publication of the network of Aquaculture Centers in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. 278 p.
34. Nedeco, 1993, Master Plan for the Mekong Delta in Vietnam, 168 p.
35. Nesbitt H.J., *Rice Production in Cambodia*. IRRRI-AUSAID, 112 p.
36. Neter J., Kutner M. H., Nachtsheim C. J. & Wasseman W., 1996, *Applied linear statistical models*. McGraw-Hill publication. 525 p.
37. Nhan D. K. & Duong L.T., 1998, Rice – fish farming system in the Mekong delta, Vietnam. Identification of constraints. Can Tho University. Scientific report, 9 p.
38. Olah J., Zsigri A. & Kintzly A.V., 1978, Primary production estimations in fish pond by the mathematical evaluation of daily DO curves. *Aquaculture Hungarica*. Scientific report, 13 p.
39. Pekar F., Be N.V., Dung D.T., Cong N.V., Long D.N., 1998, The eco-technological analysis of fish farming households in the Mekong delta, Vietnam. WES scientific report, Can Tho University, 16 p.
40. Rainboth W. J., 1996, *Fishes of the Cambodian Mekong*. FAO, 265 p.
41. Randall E., Brummett & Mattson N., 1996, Zooplankton population Periodicity in a tropical pond. ICLARM, N° 1256. Scientific report, 2 p.
42. Rothuis A. J., Nhan D. K., Richter C. J. J. & Ollevier F., 1998, Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong delta, Vietnam: a socio-economical survey. *Aquaculture research*. 1998, 29, 47-57.

43. Rothuis A., Ollevier F. & Richter C. J. J., 1998, Rice-Fish Culture in the Mekong Delta, Vietnam: Constraint Analysis and Adaptive Research. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 107 p.
44. Ruddle K., 1982, Traditional integrated farming system and rural development: The example of ricefields fisheries in Southeast Asia. *Agric. Admin.* 10, 1-11.
45. Sanh N.V., 1996, History and future of the farming systems in the Mekong delta. Scientific report on the workshop of Jircas project – Can Tho University, 8 p.
46. Sharma O. P., 1986, Textbook of Algae. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 396 p.
47. Shirota T., 1966, Plankton in the south of Vietnam. 598 p.
48. Sinh L. X., Tuan N. A., Pomeroy R. S., Genio E., Garces A. & Agbayani R. F., 1997, Marketing Freshwater Table Fish in the Central Area of the Mekong River Delta. WES, 41 p.
49. Sinh L. X., Pomeroy R., Garces A., Agbayani R., Toan N. T. & Hien T.T.T., 1996, Fish Farming Households in the Mekong River Delta Region, Part 1: Socio-Economic Analysis. WES, 43 p.
50. Sinh L.X. & Van M.V., 2000, The socio-economical aspects on rice – fish farming system in the Mekong Delta, Vietnam. Scientific report on rice – fish farming system in the Mekong delta on 18 – 19/12/2000 in Can Tho University, 9 p.
51. Soliman K.A., 2000, Effects of introducing ducks into fish ponds on water quality, natural productivity and fish production together with the economic evaluation of the integrated and non-integrated systems. *Aquaculture international* 8, 315-326, 2000.
52. Symoens J. J. & Micha J. C., 1995, The Management of Integrated Freshwater Argo-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas. FAO-TCTA-ARSOM, 587 p.
53. Tadao Kon, 1998, Rice cropping in the Mekong delta. Jircas project, Can Tho University. Scientific report, 18 p.
54. Thanh D. N., 1979, General Hydrobiology. Technology and Sciences Publishing House, Hanoi, Vietnam. 215 p.
55. Thanh D. N., 1983, Capacity of productivity in the water bodies in relation to Aquaculture. Technology and Sciences Publishing House, Hanoi. 258 p.
56. Tuan N. A. & Tam B. M., 1993, Integrated rice – wild fish in Ca Mau province, south of Vietnam. Scientific report, 6 p.
57. Vincke P. & Micha J. C., 1985, Fish culture in rice fields. Proceedings of the 16th Session of the international rice commission 10 – 14 June 1985, 17 p.
58. Xuan L. N., 1994, The biological characteristics and technical aspects of the freshwater fish species in the Mekong Delta, south of Vietnam. An Giang Company Limited Publishing, 182 p.
59. Xuan V.T. & Matsui Shigeo, 1998, Development of Farming Systems in the Mekong Delta of Vietnam. Ho Chi Minh City Publishing House, Saigon Times Group and Vietnam Asia Pacific Economic Center, 318 p.
60. Xuan V.T., 2000, Development of New Technologies and Their Practice for Sustainable Farming Systems in the Mekong Delta. JIRCAS-CTU-CLRRI, 323 p.
61. Yamasaki R. & Thanh D.N., 1998, Agricultural structure of the Mekong Delta: a case study of the Thot Not district, Can Tho province.
62. Yen M.D., 1983, Commercial fish in Vietnam. Scientific and Technical Publishing House, 220 p.

D.N. Long, Vietnamese, Master of Aquaculture Sciences, Vice-Director of Institute of Aquaculture and Fisheries Sciences, Can Tho University, Vietnam.

N.V. Lanh, Vietnamese, Bachelor of Aquaculture Sciences, Researcher of Institute of Aquaculture and Fisheries Sciences, Can Tho University, Vietnam.

L.M. Lan, Vietnamese, Master of Aquaculture Sciences, Researcher of Institute of Aquaculture and Fisheries Sciences, Can Tho University, Vietnam.

J.-C. Micha, Belgian, Ph D in Biology, Professor of Aquatic ecology at FUNDP, Namur; and at UCL, Louvain-La-Neuve, Belgium.

NOTES TECHNIQUES

TECHNISCHE NOTAS

TECHNICAL NOTES

NOTAS TÉCNICAS

L'entomophagie: une question de culture?

J. Mignon*

Keywords: Entomophagy– Cultural entomology– Bugs eating– Food resource– Edible insects

Résumé

L'entomophagie consiste à consommer des insectes. Loin d'être une curiosité limitée à quelques peuplades, cette pratique se rencontre sur tous les continents à l'exception de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Pour beaucoup d'Européens, la consommation d'insectes est vécue comme un comportement primitif et répugnant. Pourtant, l'expérience montre que, sensibilisés et informés, ces mêmes personnes oublient rapidement leurs tabous pour s'initier progressivement à l'entomophagie, découvrant par cet acte un aspect culturel majeur de nombreuses populations.

Summary**Entomophagy: How to Overcome our European Aversion?**

Entomophagy, the eating of insects, is not a curiosity but is practiced throughout the world, except in Europe and in North-America. For many Europeans, the consumption of insects is considered as a primitive and a repugnant comportment. An experiment, conducted in Belgium (Gembloux) has shown that, informed about the cultural, the nutritional and the ecological aspects of entomophagy, Westerners are able to surmount their aversion. Could insects become common dish in European and American restaurants?

Introduction

Pour beaucoup d'Européens, la consommation d'insectes (l'entomophagie) est considérée comme un comportement primitif et répugnant. Pourtant, loin d'être une curiosité limitée à quelques peuplades, cette pratique se rencontre sur quasiment tous les continents. Le brassage culturel actuel ainsi que la facilité de voyager permettent de mieux s'en rendre compte. Pourtant, de nombreuses personnes ignorent l'importance, à tout point de vue, de cette pratique.

Informés des recherches de notre collègue le Professeur François Malaisse sur la consommation de chenilles en forêt claire africaine, nous avons souhaité mettre sur pied une grande opération de sensibilisation aux pratiques entomophages de millions d'individus. Cette expérience s'est déroulée à la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique) dans le cadre du Festival International du Film de l'Insecte (FIFI), organisé en même temps, du 17 au 21 octobre 2001, en Belgique et en France (Narbonne).

Aidés par un important soutien d'une presse avide d'événements originaux, nous avons accueilli plus de 600 personnes lors de la soirée spéciale consacrée à l'entomophagie. Après une conférence magistrale du Professeur Malaisse, l'assemblée s'est ensuite littéralement ruée sur les buffets préparés à son intention.

Pour comprendre cet engouement soudain pour la consommation d'insectes, il est important de préciser et de détailler les «moyens» informatifs qui ont été utilisés pour faire tomber les tabous: l'approche culturelle, l'approche nutritionnelle mais aussi l'approche écologique.

L'approche culturelle

Quand on parle d'insectes utiles, il est souvent fait allusion aux insectes intervenant dans la régulation des populations de ravageurs (lutte biologique), dans la décomposition des déchets organiques (coprophages, nécrophages ou saprophages) ou dans la pollinisation des plantes. Certains oublient que la soie est produite par la chenille d'un papillon (*Bombyx mori*), que le miel provient du nectar de plantes qui a été à plusieurs reprises digéré et régurgité par des abeilles, de même que certaines teintures alimentaires de couleur carmin proviennent de cochenilles (Homoptères). Dans nos contrées occidentales, nous perdons également souvent de vue le rôle important que jouent les insectes dans l'alimentation de millions d'individus.

L'entomophagie n'est pas une curiosité, elle fait partie de toutes les cultures. Certaines l'ont conservée, d'autres l'ont oubliée. C'est notre cas. L'Ancien et le

* Zoologie générale et appliquée, Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique.
Reçu le 13.06.02. et accepté pour publication le 21.06.02.

Nouveau Testament mais aussi la Torah et le Coran témoignent à plusieurs reprises de la consommation humaine d'insectes. En Europe, les Romains consommaient des larves de longicornes alors que les Grecs appréciaient les cigales et diverses chenilles. Plus récemment, ce sont les hannetons (*Melolontha melolontha*) qui furent consommés en Europe (1). En Afrique, mais aussi en Amérique du Sud, en Asie et en Australie, les insectes sont depuis toujours utilisés comme moyen de subsistance et plusieurs centaines d'espèces sont consommées de par le monde. Dans nos contrées, l'abandon progressif de la consommation d'insectes résulte probablement plus du développement de l'élevage et de la rareté des insectes de grosses tailles que du dégoût des consommateurs.

Près de mille espèces d'insectes sont régulièrement consommées en Afrique, en Asie, en Australie ainsi qu'en Amérique du Sud et en Amérique centrale (3). Ils se mangent crus ou sont plus souvent séchés voire boucanés (fumés) de manière à en assurer une meilleure conservation. Ils seront ensuite bouillis, grillés, frits ou préparés en farines. On le voit, seul le continent européen et l'Amérique du Nord n'ont pas développé ces pratiques. Pourtant, on les y rencontre dans certaines régions, mais de manière presque anecdotique. Ainsi, certaines tribus d'Indiens d'Amérique se nourrissaient de criquets, de cigales et de chenilles (1). Actuellement, les pratiques entomophages ne s'observent plus que dans le Sud-Ouest des États-Unis d'Amérique.

Des insectes, nous en mangeons tous sans le savoir: de nombreux fragments sont retrouvés dans la compote de pommes, les épices, le chocolat ou la farine. Certains Européens les consomment même, non par originalité, mais par goût! Les entomologistes se rappelleront la description alléchante de brochettes de chenilles de «Cossus» dans les célèbres «Souvenirs entomologiques» de J.-H. Fabre. D'autres s'informeront des pratiques actuelles d'apiculteurs européens se préparant des fricassées de larves d'abeilles au goût sucré et fondant. Celles-ci sont dix fois plus riches en vitamines D que l'huile de foie de morue!

A en croire de nombreux Africains, nous ne sommes pas vite écoeurés. Ils ne comprennent pas comment nous pouvons apprécier des huîtres ou des moules! Nous mesurons bien ici l'importance de la barrière culturelle. Habités dès notre plus jeune âge à ne pas toucher et à nous méfier des insectes et autres bestioles, il ne nous viendrait pas à l'idée que certains d'entre eux soient non seulement comestibles mais également d'une qualité gustative très appréciable: «Tous les goûts sont dans la nature et les dégoûts dans la culture» (8).

L'influence culturelle se fait également sentir au sein des entomophages. Ainsi, les aborigènes australiens n'apprécient guère les Orthoptères (criquets et sauterelles) alors qu'ils sont particulièrement appréciés des populations Nagas, Thai et des Papous de Nouvelle-Guinée. D'autres exemples plus marquants font référence aux tabous, aux insectes dont la consommation est strictement interdite dans certaines tribus alors qu'elle est pratiquée dans les tribus voisines. Il reste

pourtant difficile d'expliquer pourquoi certaines tribus utilisent plus (ou moins) d'insectes dans leur alimentation que leurs voisins (7).

Dans la partie sud de l'Afrique centrale, les populations consomment une trentaine d'espèces de papillons appartenant à une douzaine de familles. On a signalé des valeurs de 40 g par personne et par jour de chenilles fumées, ce qui représente un commerce annuel de plusieurs centaines de tonnes (6). La consommation de ces chenilles n'est pas permanente mais saisonnière. En effet, la plupart des espèces comestibles sont univoltines et ne se retrouvent au dernier stade larvaire que durant une courte période fluctuant, de région en région, suite aux différences locales du climat. Reprenons encore à Malaisie (6) le mode de préparation des grosses chenilles consommées aux environs de Lubumbashi: «Elles sont tenues entre les doigts d'une main tandis que de l'autre main, la tête de la chenille est poussée énergiquement dans le corps de telle sorte que le contenu intestinal est expulsé par l'anus... D'autres ... sont plongées vivantes dans l'eau bouillante, ce qui permet d'extraire et d'éliminer le contenu de l'intestin... Celles qui sont pourvues de poils sont passées au feu ou sur une tôle chauffée ... Par la suite, les chenilles seront soit rôties sur une tôle chauffée, soit cuites à l'eau bouillante, soit encore frites à l'huile... Enfin, ..., la partie destinée à être conservée sera soit fumée au feu, soit cuite par ébullition à l'eau salée suivie d'égouttage et de séchage ...».

Les araignées, plus encore que les insectes, nous répugnent. Certaines espèces ont été, et sont encore parfois consommées pour lutter contre la stérilité féminine ou comme aphrodisiaque (Nouvelle Calédonie, Brésil, Australie, Gambie, Madagascar). En France, plusieurs exemples marginaux d'arachnophagie ont également été recensés, prêtant aux araignées le goût de noix ou de noisettes (1).

L'approche nutritionnelle

Près d'un milliard de personnes souffrent aujourd'hui de sous-nutrition. En Asie et en Afrique, la principale carence concerne les protéines animales. L'apport minimum quotidien de ces protéines est évalué à 35 g pour un homme de 70 kg (norme FAO). Sachant que certains insectes présentent des teneurs en protéines 3 à 4 fois plus élevées que le poulet et le porc, on comprend aisément l'intérêt que revêt l'entomophagie dans certaines régions. Les populations n'ont pas attendu les analyses chimiques pour compenser les carences protéiques par la consommation d'insectes. D'un point de vue historique, on pense que les insectes «sucrés» ont eu la préférence des hommes préhistoriques. Ensuite, les insectes riches en graisses et lipides ont été recherchés, et enfin, plus récemment, ceux qui contiennent de fortes concentrations protéiques (7).

L'intérêt nutritionnel de l'entomophagie ne réside pas uniquement dans la richesse en protéines des insectes, mais aussi dans la qualité des lipides de certains insectes (faible taux de cholestérol), dans l'apport d'acides aminés essentiels (tel le tryptophane),

dans la richesse en sels minéraux (Fe, Zn, Ca et P) ainsi que dans les fortes teneurs en vitamines B et D. Certains insectes sont également consommés pour leurs vertus médicinales. Ainsi, la chitine contenue dans la cuticule serait efficace dans la prévention du cancer (4).

Suite à l'intérêt que portent les scientifiques et les nutritionnistes aux insectes comestibles, certains voient en eux une possibilité de résoudre le problème de la malnutrition dans le monde. Il est certain que la qualité nutritionnelle de ceux-ci et la possibilité d'en produire (ou d'en récolter) à bas prix permettraient de résoudre de nombreux problèmes de carences protéiques.

En Thaïlande, les insectes consommés présentent des teneurs en protéines situées entre 7 (œufs de fourmis) et 21 g (Coléoptères aquatiques) par 100 g de poids frais. Leur richesse en protéines peut donc se comparer à celle des œufs (14 g/100 g) (12). Malaisie (6) présente la valeur alimentaire des chenilles consommées en Afrique centrale: «La valeur protéique moyenne s'établit à $63,5 \pm 9,0\%$ du poids sec, les valeurs extrêmes étant respectivement de 45,6 et 79,6%; la moyenne lipidique se situe à $15,7 \pm 6,3\%$ oscillant entre 8,1 et 35,0% ... l'acide linoléique représente habituellement plus d'un tiers des acides gras ...».

L'approche nutritionnelle ne peut se désintéresser des aspects gustatifs. A quoi servirait un aliment de grande richesse nutritionnelle si son goût le rend inconsommable? Les insectes les plus consommés sont les Orthoptères (sauterelles, criquets), les larves de Coléoptères (charançons, longicornes), les chenilles et les chrysalides de Lépidoptères ainsi que les Hyménoptères (fourmis et larves d'abeilles), sans oublier les Termites. Les larves d'insectes présentent l'intérêt de posséder généralement une cuticule plus fine et donc moins croquante en bouche. Ce n'est pas un hasard si les grasses larves apodes (sans pattes) du charançon du palmier (*Rhyncophorus phoenicis*) comptent parmi les plus appréciées des Africains. D'autres insectes, au goût puissant, telles certaines punaises pentatomides (p.e. *Euschistus crenator*) sont utilisées au Mexique comme épices.

Comme les crustacés, les insectes sont meilleurs lorsqu'ils sont cuits plutôt que crus. De plus, certains insectes, tels les Orthoptères, peuvent transmettre des vers à l'homme. Ils se consomment donc de préférence après cuisson. Rapidement après leur mort, beaucoup d'insectes perdent leurs qualités gustatives et peuvent devenir fort désagréables à consommer. Il faudra donc s'en procurer des préparés, des séchés, des congelés ou mieux, des vivants conservés au réfrigérateur. De plus, il ne faut pas croire qu'ils sont tous comestibles! Certains constituent de véritables poisons et, comme pour les champignons, il s'agira de faire appel à un spécialiste afin de les identifier avant de les consommer. A l'instar d'autres arthropodes tels les crustacés (crevettes, crabes, ...), les insectes peuvent également provoquer des allergies, que ce soit par contact, ingestion ou inhalation (11). L'éleveur ou le consommateur veillera particulièrement à se méfier des larves poilues. Celles-ci sont traditionnellement

passées au feu et lavées afin d'en éliminer les poils urticants. L'énoncé des quelques risques liés à la consommation d'insectes ne doit pas jeter le discrédit sur cette pratique. Ces risques sont en effet identiques à ceux encourus par tout consommateur non entomophage.

Les Coréens du Sud utilisent des insectes et autres arthropodes pour leurs vertus thérapeutiques. Ainsi, les scolopendres (Myriapodes; «millepatte») sont, logiquement (?), utilisés en médecine traditionnelle pour lutter contre les problèmes de pieds, de jambes et d'articulation. Les adultes mâles de ver à soie (*Bombyx mori*) sont utilisés contre l'éjaculation précoce, le grillon-taupe (*Gryllotalpa africana*) contre les pierres aux reins, les guêpes (*Vespa* sp. et *Polistes* sp.) comme tonifiant et comme protection hivernale (10). Différentes chenilles moisies, comme les vers à soie infectés par le champignon *Beauveria bassiana*, sont utilisées pour de multiples usages. L'efficacité du traitement résulte probablement de la production d'antibiotiques et/ou de toxines par ces champignons. Quoi qu'il en soit, ces pratiques médicales ainsi que l'intégration des insectes dans les préparations culinaires ont fortement influencé les cultures est-asiatiques. L'entomophobie n'y est pas répandue comme dans nos régions. Les insectes n'y sont pas considérés comme répugnants et dangereux (10).

L'approche écologique

Nous avons vu l'importance de l'entomophagie pour certaines peuplades sud-américaines, africaines et asiatiques. A l'heure où l'on parle tant du développement durable, les scientifiques se penchent de plus en plus sur les moyens à mettre en œuvre pour limiter l'effet néfaste qu'une croissance démographique galopante pourrait induire dans ces contrées. Il est souvent fait référence au bois de chauffage ou de construction. Malaisie (6) rappelle la dégradation de la forêt claire et sa transformation accélérée en savane arborée à arbustive. Cette transformation induit une disparition progressive des chenilles et des termites comestibles, ce qui pourrait se solder par la disparition d'aliments d'appoint de tout premier choix et à haut pouvoir énergétique! La pratique de la chasse intensive aux insectes fait également peser une lourde menace sur certaines espèces.

Divers projets se mettent en place afin de conscientiser les populations locales et de promouvoir le maintien de la biodiversité des habitats et des espèces (3): (a) production d'insectes par l'adoption d'élevages domestiques ou industriels, (b) mise sur pied de programmes agro-forestiers garants d'une gestion durable des territoires, (c) remplacement de la lutte chimique par des campagnes de capture d'insectes nuisibles utilisés dans l'alimentation traditionnelle, (d) développement d'élevages à production multiple (vers à soie et abeilles), (e) diminution de la pollution organique par la production de larves d'insectes utilisables en production animale, (f) préservation des espèces à l'origine de biotopes particulièrement intéressants (fourmis et termites), (g) conscientisation des pays

européens et américains à l'importance des insectes dans l'alimentation humaine.

Beaucoup de Lépidoptères, d'Orthoptères et de Coléoptères consommés sont responsables d'attaques diverses aux cultures et aux arbres. Ils constituent alors un aliment de substitution de choix. Profitant des proliférations massives de certains d'entre eux, les populations locales pratiquent depuis des siècles une lutte biologique intelligente. Bien entendu, les programmes de lutte chimique ne sont pas compatibles avec ces pratiques entomophages! Aussi étonnant que cela puisse paraître, la mise sur pied d'élevages d'insectes ravageurs a été préconisée dans certaines régions particulièrement carencées en protéines. Cette démarche se justifie largement par l'efficacité des insectes dans la conversion des végétaux en protéines animales. Intégrant le haut potentiel reproductif des grillons et la perte en carcasse pour le bœuf, Nagaki et DeFoliart (9) estiment que le grillon est vingt fois plus efficace que le bœuf au point de vue du rendement de la conversion alimentaire! Cette différence est également due à la grande quantité d'énergie et d'aliments nécessaires aux grands mammifères pour maintenir constante leur température corporelle (5).

A l'heure où l'on parle tant du respect de la biodiversité, il ne faut pas oublier les menaces qu'une pratique intensive de captures à des fins alimentaires (pour l'homme ou les animaux d'élevage) fait peser sur de nombreuses espèces d'insectes. Il faut que les populations en plein développement démographique prennent conscience du fragile équilibre de la nature et qu'elles développent des moyens permettant de remplacer la récolte *in natura* par le petit élevage (2). Divers projets locaux sont actuellement développés en Afrique afin non seulement de protéger certaines espèces mais surtout pour maintenir et renforcer l'apport protéinique à certaines populations.

Initiation à l'entomophagie

Les habitudes alimentaires doivent se discuter et se partager. Elles constituent l'un des intérêts majeurs des voyages. Les goûts et les saveurs constituent bien souvent des souvenirs impérissables que le voyageur recherche dès son retour au pays. Beaucoup se mettent alors en quête de restaurants spécialisés. Malheureusement, rares sont les pays européens proposant des plats préparés à base d'insectes. Seuls quelques magasins spécialisés, souvent situés dans les quartiers africains ou asiatiques, permettent de s'approvisionner en insectes boucanés, rarement en insectes frais. Reste au cuisinier à tenter la préparation de quelques recettes originales.

L'idée même de manger ou de voir quelqu'un manger des insectes dégoûte la majorité des Européens. Certains, sensibilisés par des émissions de télévision ou par des récits de voyages, se sentent prêts à tenter une expérience d'entomophagie. C'est ce qui leur a été proposé au terme de la conférence du Professeur Malaisse. Les buffets de dégustation étaient composés d'une dizaine de plats préparés par des doctorands ivoiriens aidés de Belges. Le menu propo-

sait des plats, d'inspiration européenne ou africaine, dans lesquels les insectes remplaçaient la viande, le poisson ou les crustacés.

Parmi les 600 personnes constituant le public, rares sont celles n'ayant pas goûté aux insectes. La démarche la plus facile, et à laquelle les plus réticents se sont arrêtés, consiste à manger des préparations contenant des insectes non visibles (cakes aux larves de ténébrions, toasts au pâté d'insectes, sambussa de grillons). Les plus friands, et ils étaient nombreux, se sont littéralement jetés sur les différents types de toasts, sur la paëlla aux insectes, sur les fritures d'orthoptères (grillons et criquets avec sauce pimentée), sur les délicieuses larves du charançon du palmier, pour terminer par un petit verre de mezcal, alcool mexicain dans lequel baigne une larve d'insecte. Seules les différentes chenilles boucanées (fumées), au léger goût de poisson et proches du charbon, n'ont pas trouvé beaucoup d'amateurs. En matinée, des toasts aux ténébrions, des chenilles boucanées et des brochettes d'orthoptères avaient été proposés à des enfants de 12 ans. Tous y ont goûté, non sans quelque fierté. Devant les caméras, sans a priori, les plus téméraires se sont mis à manger des larves vivantes de *Tenebrio molitor*!

En l'absence d'un réseau de distribution efficace, les occidentaux adeptes de l'entomophagie devront se tourner vers la production familiale d'insectes faciles à



Photo 1: Brochette de larves palmistes de *Rhynchophorus* sp. (Col., Curculionidae) extraites des troncs décomposés des palmiers *Caryota cumingii* Lodd. Friandise consommée soit crue, soit grillée à la broche et salée, soit mélangée à du sagou. Philippines, Mindanao, 26.vii.1990, ethnologie Tasaday. (Photographe: Pascal Lays).

élever. Les plus courants et les plus appréciés sont les ténébrions meuniers (vers de farine), les grillons, les criquets et les phasmes. Gageons cependant que d'ici quelques années, nos habitudes alimentaires se modifieront. N'avons-nous pas emprunté à l'Orient

ses épices, ses saveurs aigre-douces, ses fruits et plus récemment, ses poissons crus (sushi)? Quels seront les premiers grands chefs à proposer dans leur cuisine les chenilles et les succulentes larves des charançons du palmier (Photo 1)?

Références bibliographiques

1. Bodenheimer F.S., 1951, *Insects as human food*. Dr W. Junk Publisher, The Hague, 352 pp.
2. BEDIM - Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage. Cette association internationale publie 2 bulletins par an et a réalisé un film sur «le mini-élevage en milieu forestier tropical», avec l'aide de la Commission Européenne.
3. DeFoliart G.R., 1997, An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 109-132.
4. Goodman W.G., 1989, Chitin, a magic bullet? *Food Insects Newsletter* 2(3), 1-6.
5. Lindroth R.L., 1993, Food efficiencies of insect herbivores. *Food Insects Newsletter* 6(1), 1-5.
6. Malaisse F., 2000, *Se nourrir en forêt claire africaine – Approche écologique et nutritionnelle*. CTA - Les Presses Agronomiques de Gembloux, 384 pp.
7. Meyer-Rochow V.B. & Changkija S., 1997, Uses of insects as human food in Papua New Guinea, Australia, and North-East India: Cross-cultural considerations and cautious conclusions. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 159-185.
8. Martinez G., 2000, *La Cuisine des Insectes*. Ed. J.P. Rocher, Paris.
9. Nagaki B.J. & DeFoliart G.R., 1991, Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Grillidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for live-stock. *Journal of Economic Entomology*, 84, 891-896.
10. Pemberton R.W., 1999, Insects and other arthropods used as drugs in Korean traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 65, 207-216.
11. Phillips J. & Burkholder W., 1995, Allergies related to food insect production and consumption. *Food Insects Newsletter*, 8(2), 1-3.
12. Yhoun-Aree J., Puwastien P. & Attig G.A., 1997, Edible insects in Thailand: An unconventional protein source? *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 133-149.

J. Mignon, Belge, Ingénieur agronome, Assistant chargé d'exercices, Zoologie générale et appliquée, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique.

Inheritance of Hairiness of Stem and Petiole in a Selection from Local (Nigeria) Germoplasm of Sesame

O.A. Falusi¹, E.A. Salako² & F.M. Funmi¹

Keywords: *Sesamum indicum* L.– *Ceratotheca sesamoides* Endl.– Homozygous– Alleles

Summary

Character differences were studied in inter specific crosses involving *Sesamum indicum* L. and *Ceratotheca sesamoides* Endl. Results show that inheritance of many hairs on stem and petiole was controlled by two independently assorting genes with both dominant alleles S- and P- producing many hairs in stem and petiole respectively. Only the genotypes sspp homozygous for both recessive alleles were plants with few hairs. The implications of these findings in the species evolution are discussed.

Résumé

Héritabilité de la présence de poils sur les tiges et sur les pétioles du sésame dans un germoplasme local au Nigeria

Cette étude analyse les différences de caractères au niveau de la descendance des croisements interspécifiques entre *Sesamum indicum* L. et *Ceratotheca sesamoides* Endl.

Les résultats obtenus montrent que l'héritabilité de la présence d'une forte pilosité sur les tiges et sur les pétioles est contrôlée par deux gènes assortis et indépendants. Les deux gènes dominants S et P confèrent aux plantes une importante pilosité sur les tiges et sur les pétioles tandis qu'un allèle dominant S-pp et ss-P confère aux plantes une pilosité respectivement abondante sur les tiges et sur les pétioles. Seuls les génotypes homozygotes sspp avec deux gènes récessifs produisent des plantes avec peu de poils sur les tiges et sur les pétioles. Les implications de ces résultats dans l'évolution de ces espèces sont discutées.

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) belongs to the family of Pedaliaceae (2, 4). It is one of the most ancient among oil seed crops cultivated in the middle belt areas of Nigeria.

The seed is commonly used as a soup thickening condiment. It is also roasted and sometimes ground together with roasted groundnut to a pasty consistency like peanut butter in appearance and flavour. Sesame has been called «the queen of the oil seed crops» by virtue of the excellent quality of the oil it produces. The oil is known to be the most resistant to oxidative rancidity among the several vegetable oils (7). *Ceratotheca sesamoides* Endl. on the other hand is a species endemic in Africa. It is closely related to *Sesamum indicum* and is commonly referred to as 'False Sesame'.

It is characterized by many medium hairs on stem and petiole, dentate leaf margin; pink flowers with purple or brown dots and sub erect growth habit (2, 6). Both *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides* are frequently cultivated in Savannah or semi arid areas of Africa (5).

These two species exhibit different characteristics. Few of these differences have however been genetically investigated. Van Rheenen (6) studied the inheritance of colour of petiole and colour of nectary in local *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides*. He reported that the mode of inheritance of these characters was monogenic. Falusi (1) also reported further monogenic inheritance in resistance to leaf curl disease in interspecific cross between *Sesamum indicum* and *Sesamum radiatum*. This paper is a further report on the mode of inheritance of some character difference from inter specific crosses. It also throws some light on the role of gene mutation on the development of character differences between *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides*.

Material and method

The experimental materials were obtained from parts of central and North western Nigeria. They were identified by the morphological description of Hutchinson and Dalziel (2) and Van Rheenen (6). The species in relation to the characters studied are as follows:

¹ Science Techn. Department, Federal, Polytech Bida, Niger State, Nigeria

² Crop Production Department, School of Agric. and Agri. Techn., Federal Polytech, Bida, Niger State, Nigeria

Received on 08.03.02. and accepted for publication on 16.04.02.

KN- 02 – *Sesamum indicum* L. (few long hairs on stem and petiole).

KD- 02 – *Ceratotheca sesamoides* Endl. (many medium hairs on stem and petiole).

The seedlings of each species were raised in plastic buckets containing sand compost fertilizer mixture. At maturity, crosses were made between the two species using flower buds emasculated just before anthesis and pollinated the second day with pollen grains from freshly dehisced anthers of the male parent. The F_1 seeds were planted and the resulting plants were naturally self pollinated while some were backcrossed to both parents. The F_2 and backcross populations were grown and the segregating seedlings were counted to determine the inheritance of the different characters under investigation. Chi-square tests were used to compare the observed and theoretical ratio.

Results

All the F_1 plants from the crosses between *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides* were having many medium hairs on their stem and petiole (Plate 1 and Figure 1).

The F_2 and backcross data from the crosses were presented in Table 1. When the F_1 plants were back-



Plate 1: Shoots of *Sesamum indicum*, *Ceratotheca sesamoides* and their hybrid

Plate 1.1: Shoots of *Ceratotheca sesamoides* plants showing many medium hairs on stem and petiole.

Plate 1.2: Shoots of the hybrid plant showing many medium hairs on stem and petiole.

Plate 1.3: Shoots of *Sesamum indicum* plants showing few long hairs on stem and petiole.

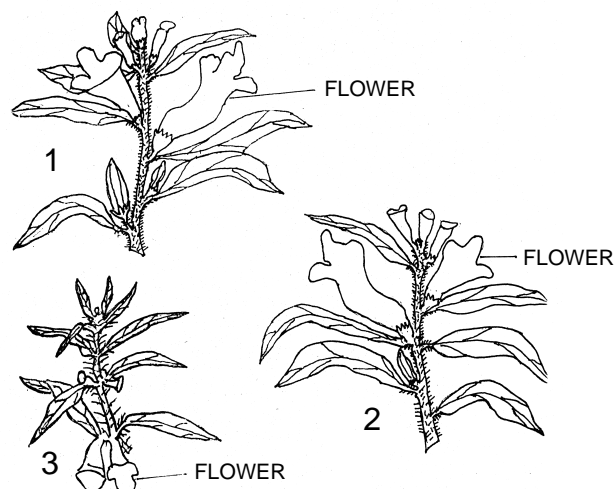


Figure 1: Shoots of *Ceratotheca sesamoides*, *Sesamum indicum* and their hybrids

Figure 1.1: Shoot of *Ceratotheca sesamoides* showing many medium hairs on stem and petiole

Figure 1.2: Shoot of the hybrid plant showing many medium hairs on stem and petiole

Figure 1.3: Shoot of *Sesamum indicum* showing few long hairs on stem and petiole.

crossed to the *Ceratotheca sesamoides* parents, all the progenies were having many medium hairs on stem and petiole. The backcross progenies of the F_1 to the *Sesamum indicum* parents however, produced phenotypic ratios of one many medium hairs on stem and petiole to one many medium hairs in stem but few long hairs on petiole to one few long hairs on stem but many medium hairs on petiole to one few long hairs on stem and petiole plants.

The chi-square values obtained for the crosses showed a good fit for a digenic inheritance for an F_2 phenotypic ratio of 9: 3: 3: 1. This was confirmed in the phenotypes of the backcross progenies of either 1: 1: 1: 1 when the F_1 was crossed to the recessive parent (*Sesamum indicum*) or many medium hairs on stem and petiole when the F_1 was crossed to the dominant parent (*Ceratotheca sesamoides*).

Table 1
Inheritance of hairiness of stem and petiole in a cross between *Sesamum indicum* L.
and *Ceratotheca sesamoides* Endl.

Cros	Experimental				Theoretical				χ^2	P	Ratio
	SP	Sp	sP	sp	SP	Sp	sP	sp			
KN- 02 X KD- 02 (SELFED Sp X SP) (selfed)	95	30	35	11	97	31	37	11	0.64	0.90- 0.80	9: 3: 3: 1
(KN- 02 X KD- 02) X KD- 02 sp X SP X SP	32	0	0	0	32	0	0	0	0.00	0.00	All S and P
(KN- 02 X KD- 02) X KN- 02 sp X SP X sp	15	12	10	12	12.5	12.5	12.5	12.5	1.52	0.70- 0.50	1: 1: 1: 1

Key

S= Many medium hairs in stem
P= Many medium hairs in petiole
s= Few long hairs in stem
p= Few long hairs in petiole

SP= Many medium hairs in stem and petiole
Sp= Many medium hairs in stem and few long hairs in petiole
sP= Few long hairs in stem and many medium hairs in petiole
sp= Few long hairs in stem and petiole

Discussion

The results on the inheritance of hairs suggests that the expression of many hairs in stem and petiole was due to the presence of both pairs of dominant alleles (S-P) while the presence of one allele (S-pp) or (ss-P) produced either many medium hairs in stem or petiole. This is an indication that character difference between *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides* were simply inherited. Thus, the adaptive characteristics by which both plant species are distinguished are controlled by a small number of genes with marked phenotypic effects. By representing the genotypes of the *Sesamum indicum* plant by (sspp) and *Ceratotheca sesamoides* plants by (SSPP), the change from *Ceratotheca sesamoides* plants form to *Sesamum indicum* plant form could have been caused by the mutation of S→s and P→p. This suggests that *Sesamum indicum* plants were derived from *Ceratotheca sesamoides* plants through gene mutation.

A similar digenic though with complementary action was reported for the expression of hairiness or spini-

ness in the crosses between *Solanum macrocarpon* and *Solanum incanum* (3). The presence of both pairs of dominant alleles was reported to produce hairiness or spininess while presence of one or absence of both gave spineless or hairless plants.

The possibility of gene exchange between *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides* indicates that they are both closely related and they could be classified in the same genus. Further evidence is borne by the fact that the F₁ produced by crossing them was fertile and their F₂ progenies were vigorous. Thus both *Sesamum indicum* and *Ceratotheca sesamoides* could therefore be considered as conspecific.

Acknowledgement

The authors are grateful to the management of National Cereal Research Institute (N.C.R.I.) Badeggi, Nigeria for support and permission to publish this paper.

Literature

1. Falusi O.A., 2000, Genetic studies in the genus 'Sesamum' (Pedaliaceae) Ph. D. Thesis submitted to Department of Crop production, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
2. Hutchinson T. & Dalzie J.H., 1963, Floral of West Tropical Africa II Crown agents, London.
3. Omidiji M.O., 1975, Genetic studies with fertile interspecific hybrids of three *Solanum* species. Proc. Journ. West African Science Association.
4. Purseglove J.W., 1974, Tropical Crops Dicotyledons pp. 430-435 Longman.
5. Schippers R.R., 2000, African indigenous vegetables, An overview of the cultivated species. Chathan, UK Natural Resources Institute/ and Rural Cooperation pp.122-133.
6. Van Rheenen H.A., 1970, Intergenic hybridization between *Cerathoteca sesamoides* Endl. and *Sesamum indicum* L. Nigerian Journal of Science Vol. 4(2), 251-254.
7. Yen G.C. & Shyu S.L., 1989, Oxydative stability of sesame oil prepared from sesame seed with different roasting temperatures. Food Chem, 31, 215-224.

O.A. Falusi, Nigerian, Ph.D. in Plant Breeding and Cytogenetics (FUT Minna) Federal Polytechnic, Bida.

E.A. Salako, Nigerian, Prof. and Head Crop Production Department (FUT Minna).

F.M. Funmi, Nigerian, Msc. in Fisheries (Fut Minna) Federal Polytechnic, Bida.

DANS LES UNIVERSITÉS...

UIT DE UNIVERSITEITEN...

IN THE UNIVERSITIES...

EN LAS UNIVERSIDADES...

Cette rubrique présente les thèses de doctorat concernant le développement rural défendues en Belgique au cours des derniers mois.

This heading presents PhD thesis defended recently in Belgium concerning topics linked to sustainable rural development.

Deze rubriek stelt de doctoraatsthesisen voor die betrekking hebben tot plattelandsontwikkeling en die in de loop van de laatste maanden in België verdedigd werden.

Este título presenta las tesis de doctorado defendidas en Bélgica durante los meses pasados referentes a asuntos ligados al desarrollo rural sostenible.

Effets de l'alimentation des poissons avec *Azolla* sur la production d'un écosystème agro-piscicole en zones marécageuses au Rwanda

C. K. Kanangire

Keywords: *Azolla*– Agro-pisciculture– *Oreochromis niloticus*– *Clarias gariepinu*– Bottom soil– Phytoplankton– Zooplankton

Ecologie des Eaux Douces, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur

Résumé de la thèse de Doctorat en Sciences, groupe biologie, présentée et défendue le 29 octobre 2001 aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Faculté des Sciences de Namur en Belgique

Résumé

Ce travail avait deux objectifs principaux: contribuer à la compréhension du fonctionnement d'un écosystème agro-piscicole et produire un aliment pour poissons à la portée des pisciculteurs ruraux.

En vue d'appréhender le fonctionnement de l'écosystème agro-piscicole, une approche écologique intégrale a été adoptée. Elle consistait en l'étude de la croissance de poissons en même temps que celle de physico-chimie de l'eau et de la vase des étangs ainsi que celle du phytoplancton et du zooplancton qui s'y développaient.

*Pour produire un aliment bon marché pour poissons, nous avons utilisé des sous-produits agricoles et animaux disponibles localement. *Azolla microphylla* ADUL-189, une fougère aquatique diazotrophe, qui se développe spontanément dans nos étangs, a constitué un des ingrédients les plus importants. Nous avons testé ses effets dans l'alimentation d'*Oreochromis niloticus* et de *Clarias gariepinus* en monoculture et en élevage mixte. Sa proportion dans les aliments expérimentaux était variable (0%, 30% et 50%).*

*Les résultats obtenus ont montré que les aliments contenant jusqu'à 50% d'*Azolla* n'ont pas négativement affecté les paramètres de croissance et d'utilisation des aliments (taux de croissance spécifique et taux apparent de conversion alimentaire) chez *O. niloticus* et qu'ils n'ont eu qu'un léger effet négatif chez *C. gariepinus*. Les aliments à base d'*Azolla* seraient donc intéressants eu égard au rapport investissement/production.*

Summary

Effects of *Azolla*-based Meal on the Production of an Agro-piscicultural Ecosystem in Rwanda Marshlands

This thesis has two aims: to contribute to the understanding of the functioning of the agro-piscicultural ecosystem and to formulate fish feeds affordable by rural fish culturists.

An integrated ecological approach had been chosen to reach the first aim. It consisted in the study of fish growth at the same time with the physico-chemical analysis of water and bottom soil of ponds and the study of the phytoplankton and zooplankton grown during the experiments.

*Cheap fish feeds were formulated using locally available by-products. *Azolla microphylla* ADUL-189, a diazotrophic aquatic fern which spontaneously develops in our ponds, was one of the most important ingredients. We tested its effects on the growth of *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus* both in monoculture and polyculture. Three different levels of *Azolla* have been considered in the experimental diets (0%, 30% and 50%).*

*Results from this study show that feeds containing till 50% of *Azolla* did not affect negatively growth and feed utilization parameters in *O. niloticus* monoculture and that these parameters were just lightly affected in *C. gariepinus* culture. So feeds containing *Azolla* could be economically interesting as far as investment/production ratio is concerned.*

Langue/Language: Français/French

Date : 20.10. 2001

Références bibliographiques/Bibliographic references: 179

Nombre de pages/Number of Pages: 220

Nombre de figures/Number of Figures: 80

Nombre de tableaux/Number of Tables:14

Nombre de pages annexes/Number of pages of annexes: 135

Composition du Jury/Composition of the Thesis Committee:

Prof. J.-C. Micha (Promoteur/Supervisor), F.U.N.D.P., Namur, Belgique/Belgium

Prof. E. Depiereux, F.U.N.D.P., Namur, Belgique/Belgium

Prof. P. Kestemont, F.U.N.D.P., Namur, Belgique/Belgium

Prof. J. Moreau, Institut National Polytechnique, Toulouse, France

Prof. C. Van Hove, Université Catholique de Louvain, Belgique/Belgium.

Résultats: Doctorat en Sciences/ Results: PhD. in Sciences.

ORGANISATIE

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

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandsontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijk en informatief tijdschrift "Tropicultura" dat gewijd is aan de plattelandproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de steun van de Directie-Generaal Internationale Samenwerking (D.G.I.S.), Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Internationale Samenwerking en met de steun van de Regio Brussel.

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

Raad van Beheer

De raad van beheer van de vzw Agri-Overseas is samengesteld uit Professor Dr. J. Verduyck, Voorzitter, Dr. Ir. G. Mergeai, Afgevaardigde Beheerder, Dr. E. Thys, Secretaris, Ere-Professor Dr. Ir. J. Hardouin, Schatbewaarder a.i. en Professor Dr. B. Losson, Lid.

Redactiecomité

Het Redactiecomité van TROPICULTURA is samengesteld uit Dr. Ir. G. Mergeai, Hoofdredacteur en Gedelegeerde Redacteurs Professor Dr. J. Deckers, Ecologie, Land- en Waterbeheer, Professor Dr. J.-C. Micha, Visvangst en Visteelt, Dr. E. Thys, Dierenproductie en Fauna, Professor Dr. Ir. P. Van Damme, Land- en Bosbouw, Professor Dr. J. Verduyck, Diergezondheid. Andere onderwerpen, zoals bv. Economie, Sociologie, ... worden rechtstreeks door het Sekretariaat behandeld.

Redactiesekretariaat

Bolwerksquare 1A, B-1050 Brussel – België
Telefoon: ++32.02.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.02.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Sekretariaat.

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

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

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Een persoonlijke mededeling wordt in de tekst als volgt vermeld: initialen en naam, persoonlijke mededeling, jaartal. Voorbeeld: (W.R. Allan, persoonlijke mededeling, 1988). Deze referentie wordt niet opgenomen in de literatuurlijst.

Voor de referenties zonder auteur wordt in het nummer in de tekst vermeld en in de literatuurlijst: Anonymus (jaartal). Titel. Bron (waar men de gegevens kan terugvinden).

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

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

TROPICULTURA

2002 Vol. 20 N° 3

Four issues a year (July - August - September)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Suitability Evaluation of Selected Wetland Soils in Nigeria for Rainfed Rice Cultivation (*in English*)
A.O. Olaleye, A.O. Ogunkunle, K.L. Sahrawat, O.A. Osiname & S.A. Ayanlaja 97
- Mycorrhizal Status of Okoume (*Aucoumea klaineana* Pierre) in Artificial Regeneration in South Cameroon (*in French*)
N. A. Onguene, J.P.M. Tsimi & M.J.E. Balla 104
- Bioactivity of the Essential Oil of the Leaves of *Ageratum houstonianum* Mill on Guinean Dwarf Goat's Ticks (*Rhipicephalus appendiculatus*) in Western Cameroon (*in French*)
E. Tedonkeng Pamo, L. Tapondjou, G. Tenekeu & F. Tendonkeng 109
- Evaluation of the Efficiency of *Bacillus thuringiensis* on Larvae and Adults of *Andrector ruficornis* on *Solanum tuberosum* plants in Cameroon (*in French*)
Z. Ambang, N.D. Omokolo & I.S. Ouzounov 113
- Cassava Roots Retting with Undefined Starter from Retted Cassava Roots (*in French*)
D. Louembé, S.C. Kobaliwa, S. Ekélé, P. Diakabana & Blanche Nkoussou Moulassou 118
- The Effect of Leaf Age on the Cassava Green Mite *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) Biological Parameters and Population Growth Rates (*in French*)
A.M. Badegana & G. Yombo 125
- Reproductive and Growth Performance of the Cricetoma (*Crycetomys gambianus*) under Captivity (*in English*)
J. Tchoumboue, A.T. Niba, P. Zango, R. Dafem & A. Téguia 130
- Contribution to the Knowledge of the Ecology and Biology of Homopterous Pests of Fruit Trees and other Plants I.- Comparison of Evolution of Population of *Aleurodicus dispersus* Russell (Hom.: Aleyrodidae) on *Citrus* and Avocado Trees in the Republic of the Congo (*in French*)
A. Kiyindou 135
- Experiment on an Integrated Ricefish Polyculture System (6 Species, 1- 2 fish/m²) in the Mekong Delta (*in English*)
D.N. Long, N.V. Lanh, L.M. Lan & J.-C. Micha 140
- ### TECHNICAL NOTES
- Entomophagy: How to Overcome our European Aversion? (*in French*)
J. Mignon 151
- Inheritance of Hairiness of Stem and Petiole in a Selection from Local (Nigeria) Germoplasm of Sesame (*in English*)
O.A. Falusi, E.A. Salako & F.M. Funmi 156
- ### IN THE UNIVERSITIES...
- Effects of *Azolla*-based Meal on the Production of an Agro-piscicultural Ecosystem in Rwanda Marshlands (*in French*)
C. K. Kanangire 159

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

GDIC

DGCI