

TROPICULTURA

2004 Vol. 22 N° 1

Trimestriel (janvier – février – mars)

Driemaandelijks (januari – februari – maart)

Se publica por año (en enero – febrero – marzo)



Récolte de piment dans la région de Guntur, Andhra Pradesh, Inde: les fruits sont triés selon leur qualité. Crédit: Patrick Van Damme.

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever:

J. Vercruysse

Square du Bastion 1A Bolwerksquare
1050 Bruxelles / Brussel

Avec les soutiens de la

Direction générale de la Coopération au Développement DGCD
www.dgdc.be

Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
et Coopération au Développement
www.diplobel.fgov.be

et la Région Bruxelles Capitale

Met de steunen van

Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS
www.dgdc.be

Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
en Ontwikkelingssamenwerking
www.diplobel.fgov.be

en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT - AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAAL

Formation à la recherche pour le développement

Opleiding naar het onderzoek voor de ontwikkeling

Formación a la investigación para el desarrollo

H. Gérard 1

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun

Invloed van de landbouwpraktijken op het leemgehalte en op andere agronomische eigenschappen van een ijzerhoudende bodem in Zuid Kameroen

Influencia de las prácticas agrícolas sobre el contenido en arcilla y otras características agronómicas de un suelo laterítico en el Sur de Camerún

M. Yemefack, L. Nounamo, Rosaline Njomgang & P. Bilong 3

Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun)

Ethno-nutritionele gegevens en fysico-chemische eigenschappen van bladgroenten verbruikt in de savanne van het Adamaoua Plateau (Kameroen)

Datos etnonutricionales y características físico-químicas de hortalizas de hoja consumidas en la sabana de la Adamaoua (Camerún)

C. Tchiégang & Kitikil Aissatou 11

Contraintes contingentes à l'adoption d'une technologie. Evaluation contingente des contraintes à la fertilisation des sols par le système maïs-mucuna-engrais minéraux au sud du Togo

Knelpunten gebonden aan de adoptie van een technologie. Contingens analyse van de knelpunten gebonden aan de bemesting van bodems door toepassing van het maïs-mucuna-meststoffen systeem in Zuid Togo

Limitaciones y riesgos a la aceptación de una tecnología. Valoración de los riesgos y limitaciones a la fertilización de suelos por el sistema maíz, mucuna, abonos minerales en el Sur del Togo

V. Deffo, Sylvie M. Hounzangbe-Adoté, R. Maliki, H.H.M. Ould Ferroukh & E. Torquebiau 19

Effets de la substitution du tourteau du soja par l'urée sur les performances de croissance des agneaux de race locale tunisienne

Invloed van de vervanging van sojaszaadchroot door ureum op de groeiprestaties van lammeren van het lokaal Tunesisch ras

Efecto de la substitución de la torta de soya por la urea en las características de crecimiento de los corderos de raza local tunecino

M. Mahouachi, Naziha Atti, H. Rouissi & Maha Tissaoui 26

Influence of Level of Cottonseed Cake in the Diet on the Feed Intake, Growth Performance and Carcass Characteristics of Guinea Pigs in Cameroon

Influence du taux d'incorporation du tourteau de coton dans l'aliment sur la consommation alimentaire, les performances de croissance et les caractéristiques de la carcasse des cobayes au Cameroun

Invloed van het niveau katoenzaadchroot in het dieet op voederopname, groeiprestaties en karkaseigenschappen van Guinees biggetjes in Kameroen

Influencia del nivel de incorporación de la torta de algodón en la dieta, sobre la ingestión de alimentos, las características de crecimiento y de la carcasa de los cuyes (*Guinea pig*) en el Camerún

A.T. Niba, J. Djoukam, A. Tegui, A.C. Kudi & J.O. Loe 32

Quantifying the Effects of Crop and Soil Management Practices on Soil Productivity Using N as a Soil Quality Indicator

Quantification d'effets de plantes et de pratiques agricoles sur la productivité du sol par utilisation de l'azote comme indicateur de la qualité de sol

Kwantisatie van het effect van planten en landbouw op bodemproductiviteit door gebruik van stikstof als bodemkwaliteitsindicator

Cuantificación de los efectos de las prácticas agrícolas y el manejo de suelos sobre la productividad del suelo usando el nitrógeno como indicador de calidad

M.A.N Anikwe 40

DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../EN LAS UNIVERSIDADES...

Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon)

Biodiversiteit van de vissen van het benedenbekken van de Ogooué (Gabon)

Biodiversidad de los peces de la cuenca inferior (baja) del Ogooué, Gabón

J.-D. Mbega 47

Formation à la recherche pour le développement

Longtemps, beaucoup d'entre nous, chercheurs du Nord, avons pensé que la meilleure recherche pour promouvoir le développement était celle qui répondait le mieux aux objectifs, aux normes et aux critères de notre vision de la recherche et du développement. De même pensions-nous que la formation à la recherche devait être identique pour tous même si les applications pouvaient être choisies en fonction de l'origine et des intérêts des chercheurs en formation. Nos sciences et leurs résultats ne nous paraissaient pas négociables et devaient logiquement s'imposer à tous au mépris des connaissances et pratiques locales. Tout au plus pouvait-on les traduire dans d'autres langages, pour autant qu'ils s'y prêtent, et les vulgariser auprès des populations en tenant compte, à la marge, de quelques spécificités culturelles. Il n'y avait aucune raison, rationnellement acceptable, de faire de la science autrement ni de penser autrement la formation à la recherche ou, de façon plus générale, l'université elle-même et les centres de recherche. Tout devait se faire à l'image, ou à la traîne, du Nord sous peine d'être considéré comme du rabais. Beaucoup de chercheurs du Sud, surtout lorsqu'ils avaient été formés chez nous, pensaient de même et ceux d'entre eux qui osaient mettre en doute cette opinion étaient largement discrédités. Cette opinion était d'ailleurs partagée par les institutions scientifiques nationales et internationales de même que par les organisations internationales qui financent nombre de projets de recherche.

Si cette opinion reste encore largement dominante, elle est toutefois plus ouvertement mise en question, tant au Sud qu'au Nord, et cette mise en question repose sur une argumentation de plus en plus solide sur les plans théorique et empirique et est davantage en mesure de profiler ce que pourraient être cet «autrement», ces autres recherches et ces autres formations. Ainsi depuis plusieurs années, des recherches s'ouvrant sur cette perspective ont été entreprises à Aguié, au Niger, avec le soutien financier du FIDA¹ et l'appui scientifique de l'ENDA² et de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Elles sont réalisées par des équipes pluridisciplinaires en partenariat avec les paysans et en voulant valoriser les savoirs et pratiques de ces derniers. Elles ont déjà obtenus des résultats probants en matière de développement rural et d'agroforesterie³. Sur celles-ci, s'est récemment greffé un projet⁴ pluridisciplinaire et interuniversitaire⁵ Nord-Sud, financé par la CUD⁶, explicitement inscrit dans cette perspective et centré sur les aspects méthodologiques⁷ des recherches d'Aguié.

En 2001, cette dynamique nouvelle a reçu un renfort de tout premier plan avec la publication du livre de J.-M. Ela, *Guide pédagogique de formation à la recherche pour le développement en Afrique*⁸. Constatant que beaucoup de recherches actuelles sont à porte-à-faux par rapport aux réalités africaines et ne répondent donc pas aux besoins et aspirations des populations africaines, l'auteur préconise des recherches nouvelles, en rupture avec les précédentes, dès lors aussi des formations nouvelles à la recherche.

Précisons que l'auteur est un scientifique camerounais, reconnu sur le plan international comme sociologue et théologien, tant par ses titres et fonctions académiques que par ses recherches sur le terrain, dans les villages et les quartiers urbains, et par ses nombreuses publications. Son honnêteté et son indépendance de pensée sont telles qu'il représenta un danger pour le pouvoir, ou les pouvoirs, de son pays et qu'il dut s'exiler et trouver refuge au Canada.

En 1994 déjà, dans un précédent ouvrage⁹, l'auteur avançait un certain nombre d'idées qu'il développe davantage ici et présente dans un ensemble cohérent et rigoureusement argumenté qui peut, certes, servir de «guide pédagogique», comme l'annonce le titre, mais que je verrais davantage comme un manifeste pour de nouvelles recherches centrées sur le développement africain, voire un nouveau paradigme, au sens de T.S. Kuhn¹⁰. En

¹ Fonds International pour le Développement Agricole basé à Rome.

² Environnement, Développement en Afrique, centre dont la maison-mère est basée à Dakar.

³ Cf. notamment A. Meschinelli, Les défis de la transformation de la recherche agroforestière au Sahel, in: F. Debuyst, P. Defourny et H. Gerard, éd., *Savoirs et jeux d'acteurs pour des développements durables*, Louvain-la-Neuve, Academia-Bruylant, 2001, pp.195-218.

⁴ Dont le titre est évocateur: *Consolider la relation entre recherche universitaire et opérations de développement en renforçant les synergies entre savoirs scientifiques et savoirs paysans*.

⁵ Partenariat entre l'Université Abdou Moumouni de Niamey, l'Université catholique de Louvain (Louvain-la-Neuve), les Facultés universitaires de Gembloux et la Fondation universitaire du Luxembourg avec la collaboration d'ENDA InterMondes. Pour plus d'informations, s'adresser au co-promoteur belge, le Professeur J.-M. Wautelot de l'Université catholique de Louvain ou au co-promoteur nigérien, le Professeur I. Amoukou de l'Université Abdou Moumouni.

⁶ Commission de coopération universitaire au développement, de la Communauté française de Belgique.

⁷ Notons que l'ENDA avait déjà investi dans ce domaine, voir notamment la communication de Ph. De Leener, en col. avec G. Chaibou, H. Amadou, T. Harouna, «How changes generate impacts? Towards attitudinal, behavioral and mental changes in the footsteps of research partnerships» in Workshop *The Impact Assessment Study on Research Partnership*, KFPE-GDN-World Bank, Cairo (Egypt), 15-16/01/2003, ronéo. 28p.

⁸ Paris, L'Harmattan, Collection Etudes africaines, 84p.

⁹ Dans *Restituer l'histoire aux sociétés africaines. Promouvoir les Sciences Sociales en Afrique*, Paris, L'Harmattan, 144p.

¹⁰ *La structure des révolutions scientifiques*, (trad. de l'édition américaine de 1970), Paris, éd. Flammarion, 1972, 247p.

effet selon l'auteur, il ne s'agit pas, pour les Africains, de renoncer à tout l'apport scientifique, technologique et, plus généralement intellectuel, du Nord, mais bien de se l'approprier, de se le reconstruire en fonction d'objectifs et de moyens qu'ils auront eux-mêmes arrêtés et de briser ainsi cette relation de dépendance scientifique qui se cumule aux autres dépendances constitutives du sous-développement.

Pour ce faire, l'auteur pense indispensable de «repenser la nature de la recherche, sa démarche et sa méthode, son mode d'organisation et sa finalité» (p.14) et, par ce livre, il invite ceux et celles qui le désirent à «faire leur entrée dans le 'bosquet initiatique' où se prépare la nouvelle génération de chercheurs dont l'Afrique a besoin pour sortir des chemins d'indignité et participer activement à l'histoire en train de se faire» (p.19).

La finalité première de la recherche est d'être «un véritable moteur du développement» (p.27) et tout chercheur africain, qui ambitionne de participer à l'appropriation scientifique africaine, devrait opter d'abord pour cette finalité. Il est certes entendu que le développement, dont il est ici question, n'est pas celui du marché mais bien celui qui se construira avec la participation des populations locales. Pour l'instant et de manière concrète, il s'agira d'inscrire la recherche «dans une perspective de lutte contre la pauvreté et l'exclusion» (p. 21).

L'auteur prône également de renoncer aux démarcations habituelles entre recherches fondamentales, appliquées ou d'intervention, mais d'assumer ces différentes orientations ensemble tout en maximisant leur interfécondation. De renoncer aux renfermements disciplinaires et de s'ouvrir sur l'aventure de l'interdisciplinarité. De renoncer également aux distinctions statutaires entre chercheurs, experts, développeurs et populations locales, car il ne s'agit plus de faire de la recherche «pour» - les chercheurs travaillant pour les populations locales par l'intermédiaire des experts et développeurs - mais bien de la recherche «avec» - les différents acteurs, y compris les populations locales, participant activement à toutes les étapes de la recherche (pp.35-43). Dans ce cadre, le chercheur devient «un acteur du changement social » (pp.71-76) et doit se définir comme tel. Il n'est plus hors jeu, irresponsable de l'usage que l'on peut faire de ses capacités, choisissant ses sujets de recherche en fonction de ses projets de carrière personnelle ou des modes des revues internationales. L'auteur souligne que «la recherche ne saurait se borner à être un jeu d'esprit, un simple critère d'avancement ou de reconnaissance sociale au sein de la communauté scientifique mais constitue une affaire très grave dans la mesure où elle engage la vie des êtres humains et les transformations de la société» (p.26). Dans cette perspective, le chercheur doit être guidé par cette question fondamentale: «en quoi et sous quelles conditions un sujet de recherche est pertinent et porteur de possibles pour le collectif qui se constitue entre chercheurs et différents acteurs?» (p.74).

De telles recherches exigent une proximité étroite avec le terrain à laquelle, il faut le reconnaître, les chercheurs que nous formons ne sont guère préparés. Cette proximité n'a pas pour objectif d'observer l'objet d'étude mais bien de «rencontrer des êtres humains qui font leur histoire à chaque instant et gèrent leur vie quotidienne dans les circonstances à travers lesquelles ils produisent leur 'destin'» (p.62). C'est en effet sur le terrain, avec les populations locales, que s'élaborera et se réalisera la recherche, c'est aussi là que les résultats seront évalués. «A cet égard, écrit l'auteur, le village et le quartier constituent le véritable jury de la recherche pour le développement» (p.70).

Simple «guide pédagogique de formation à la recherche pour le développement en Afrique», manifeste pour une nouvelle manière de faire de la recherche ou émergence d'un nouveau paradigme scientifique? La réponse dépend en premier lieu des chercheurs et des institutions scientifiques d'Afrique. En second lieu, elle dépend aussi de l'ouverture dont témoigneront les chercheurs et institutions du reste du monde. De toutes façons, tous nous nous trouverons mis en cause mais avons tout à gagner à accompagner ce mouvement et à nous y engager chacun à sa mesure tout en exerçant notre esprit critique et en faisant preuve d'une grande modestie et d'une large ouverture d'esprit.

H. Gérard
Professeur émérite de l'Université catholique de Louvain
(Louvain-la-Neuve)

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun

M. Yemefack^{1*}, L. Nounamo¹, Rosaline Njomgang¹ & P. Bilong²

Keywords: Oxisol- Clay content- Shifting cultivation- Forest zone- Natural fallow

Résumé

La teneur en argile, ainsi que l'influence de sa variation sur d'autres caractéristiques agro-pédologiques d'un sol ferrallitique a été mesurée le long d'une chronoséquence d'agriculture itinérante sur brûlis au sud Cameroun. La chronoséquence comprenait deux traitements sous cultures vivrières mixtes, trois sous jachères de différents âges, un sous vieille cacaoyère et sous la forêt vierge prise comme témoin. Une approche synchronique analysant au même instant les jachères de différents âges a été combinée aux observations diachroniques sur des parcelles sous cultures vivrières mixtes. Trois couches de sol (0-0,1; 0,1-0,2 et 0,3-0,5 m) ont été utilisées dans l'étude. L'analyse de la variance et la séparation des moyennes des traitements (Tukey's HSD) ont été utilisées pour évaluer l'évolution du taux d'argile le long de la chronoséquence. L'analyse de régression multilinéaire a permis de mettre en évidence les relations entre ces taux d'argile et les autres propriétés du sol. Par rapport à la forêt vierge, le taux d'argile diminuait respectivement de 40%, 20% et 12% sur les trois couches de sol après trois à quatre cycles d'alternance cultures-jachères, et par rapport à la jachère originelle précédant les cultures, de 20%, 10% et 4% après trois ans sous cultures vivrières. Au cours de la jachère, ce taux d'argile tendait à l'augmentation, mais n'atteignait plus les valeurs obtenues en forêt vierge quelque soit la durée de la jachère. Des phénomènes d'érosion en nappe sur sol nu en début de campagne et de lessivage durant la période de culture seraient à l'origine de cette perte en particules fines du sol, et mériteraient des investigations plus approfondies. Ces phénomènes seraient eux-mêmes facilités par la solubilisation des silicates et oxyhydroxydes argileux sous l'effet de l'élévation du pH par les cendres issues du brûlis. Les conséquences telles que résultant des corrélations hautement significatives ($p=0,000$) avec les autres propriétés, sont: l'augmentation irréversible de la densité apparente, la dégradation de la stabilité structurale, la diminution de la porosité et la perte du pouvoir absorbant du sol.

Summary

Effects of Agricultural Land Use Practices on Clay Content and Related Agronomic Properties of an Oxisol in Southern Cameroon

Clay particle distribution of an oxisol was measured along a chronosequence of shifting cultivation systems in Southern Cameroon. The influence of clay content variation on other soil characteristics was also evaluated. The chronosequence was made up of two treatments derived from mixed cropping system, three from fallows of different durations, one old cocoa plantation, and virgin forest used as control. A synchronic approach that analyses simultaneously in space crop fields and fallow of various durations was combined to diachronic observations on food crop plots. Three soil depths (0-0.1, 0.1-0.2, 0.3-0.5 m) were used for the study. The analysis of variance and mean separation (Tukey's HSD) were used to evaluate changes in clay content. Multilinear regression analyses allowed to evaluate relationships between clay content and other soil properties. Compared to virgin forest, clay content decreased considerably by 40%, 20% and 12% respectively in the three layers after three to four cycles of cropping and fallowing, and by 20%, 10% and 4% in the cropping period when compared to the preceding fallow. During the fallow period, clay content tended to increase, but remained lower than the value obtained under the virgin forest, even with longer fallow duration. Leaching and sheet erosion due to heavy rainfall on bare soil at the beginning of the cropping season may be responsible for this situation, and need future investigation. This process itself is probably facilitated by a solubilisation of clay silicate and oxyhydroxide particles due to pH increase by burned vegetation biomass. The consequences of the losses of soil fine particles as deduced from highly significant correlations ($p=0.000$) with other soil properties, are: the irreversible increase in bulk density, the degradation of the structural stability of soil aggregates, the decrease of soil porosity, and the loss of soil absorption power.

¹ Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

* Adresse pour correspondance: C/o ITC, P.O. Box 6, 7500AA Enschede, Pays-Bas.

Tel: +31 53 487 4444; Fax: +31 53 487 4336. E-mail: myemefack@hotmail.com & yemefack@itc.nl

² Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812 Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 14.02.03. et accepté pour publication le 18.09.03.

Introduction

En zone forestière tropicale, après défrichement et mise en culture d'une portion de terrain, on constate un épuisement rapide du sol. Au bout de 2 à 3 ans sous cultures, la parcelle est abandonnée en friche pour une période de jachère allant de 3 à plus de 15 ans. De nombreuses études ont montré que cet épuisement du sol était dû à l'élimination rapide par lessivage et érosion des éléments nutritifs, spécialement ceux qui ont été apportés par le brûlis (19, 20, 28, 32). Des essais visant à prolonger la période de culture par un apport adéquat d'engrais minéraux n'ont pas pu étendre cette période au-delà de cinq campagnes de cultures (23, 30). Ceci fait penser que le départ des éléments nutritifs n'est pas seul responsable de cette dégradation du sol. D'importantes modifications des propriétés physiques du sol provoqueraient également des symptômes d'asphyxie au niveau des racines des plantes cultivées (16, 32). Dans la perspective d'amélioration de cette pratique d'agriculture itinérante sur brûlis, le développement des technologies alternatives et l'apport supplémentaire des engrais doivent être basés sur une bonne compréhension des transformations qui se produisent dans ces systèmes traditionnels d'agriculture. Ceci ne peut se faire que par l'étude des changements qui s'opèrent au cours du cycle de cultures et au cours de la jachère naturelle subséquente.

Au sud Cameroun, dominant des sols ferrallitiques argileux, caractérisés par une fraction granulométrique fine ($< 2 \mu\text{m}$) riche en produits de néoformation tels que la kaolinite, les oxydes et hydroxydes de fer, les hydroxydes d'aluminium (2, 18, 33). Tout comme la matière organique, la réserve minérale et bon nombre de propriétés physiques de ces sols sont directement subordonnées à la quantité de cette fraction fine. En conséquence, les variations de la teneur en argile peuvent

induire d'importantes modifications de ces propriétés du sol et la capacité de celui-ci à retenir les nutriments. Une étude exploratoire a donc été conduite dans le site du Programme Tropenbos Cameroun dans le but d'évaluer la dynamique de la teneur argileuse du sol sous cultures et sous la jachère naturelle; et de mesurer l'influence des variations de cette teneur argileuse sur certaines caractéristiques agro-pédologiques d'un sol ferrallitique argileux jaune.

Matériel et méthodes

Le site d'étude

L'étude a été conduite dans la partie est du site du Programme Tropenbos Cameroun situé entre $2^{\circ} 47' - 3^{\circ} 14'$ de latitude nord et $10^{\circ} 24' - 10^{\circ} 51'$ de longitude est. Les altitudes varient entre 500-900 m et donnent au paysage un aspect ondulé. Le climat est du type équatorial de moyenne altitude (13) caractérisé par deux saisons de pluies (mars à juin et septembre à novembre) et deux saisons sèches. La moyenne annuelle des précipitations est de 1800 mm et celle des températures de 24°C . La végétation est de type forêt dense sempervirente (15). Les sols sont dérivés des roches appartenant au complexe de base calco-magnésien (Complexe du Ntem), à gneiss leuco-mésocrates et granites anciens à pyroxènes (3, 4). Les quatre-vingt-cinq pour cent de la superficie de la zone d'étude sont constitués de sols ferrallitiques moyennement à fortement désaturés, argileux (5) ou Clayey, Kaolinitic, Typic Kandiodox (24). La fraction fine ($< 2 \mu\text{m}$) de ces sols est généralement dominée par la kaolinite et les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium (2, 18, 33). Ils sont caractérisés par une CEC faible et une faible réserve en nutriments (22). Les caractéristiques typiques de ces sols sous forêt vierge sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1

Caractéristiques des horizons superficiels des sols ferrallitiques argileux sous forêt vierge au sud Cameroun

Hor. (cm)	pH eau	CO (%)	C/N	P. disp (ppm)	Som. bases	Acid. total	CEC	CECE	Sat. Al (%)	Da g/cm ³	Argile Limon Sable		
											%		
Ah (0-3/5)	4.4	6.3	16	7	3.5	5.5	19.5	9.0	25	0.89	45	16	39
BA (3/5-10/12)	4.2	2.5	14	3	1.1	6.6	10.3	7.7	58	1.01	48	12	40
Bt (10-30/35)	4.3	1.2	11	1	1.3	6.0	9.2	7.3	60	1.19	56	12	33
Btc (30/35-75)	4.4	0.8	8	1	0.7	5.6	8.5	6.2	54	1.25	53	15	32

CO= Carbone organique; P. disp.= Phosphore disponible (Bray II); Som. bases= Somme des bases; CEC= Capacité d'Echange Cationique; CECE= Capacité d'Echange Cationique Effective; Acid. total= Acidité Totale; Sat. Al= Saturation en Al; Da= Densité apparente.

La cacaoculture pérenne et l'agriculture itinérante sur brûlis sont les principaux systèmes d'utilisation traditionnelle des terres dans le site. Selon les descriptions faites par Nounamo & Yemefack (17), ces systèmes d'exploitation agricole peuvent être représentés dans le temps par un certain nombre de cycles d'alternance Forêt-Cultures-Jachères naturelles dont les plus importants sont les suivants:

- (i) Forêt vierge (FV)–Cultures mixtes (CC)–Cacaoyères (CA)
- (ii) Forêt vierge–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* (JC)
- (iii) Jachère Forestière (JF)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* ou Arbustive
- (iv) Jachère Arbustive (JA)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* ou Arbustive
- (v) Jachère à *Chromolaena* (JC)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena*

Les deux derniers cycles, actuellement les plus utilisés par les paysans, sont caractérisés par des périodes de jachère relativement courtes (3-5 ans pour le cycle à JC et 7-9 ans pour le cycle à JA). Ceci implique une relative utilisation intensive du sol dont les effets peuvent entraîner des conséquences plus ou moins importantes sur certaines caractéristiques physico-chimiques des sols.

Choix des parcelles et dispositif expérimental

L'étude était une recherche exploratoire conduite dans trois des quatre villages pilotes du Programme Tropenbos Cameroun (Nyangong, Ebom et Mvie). Les différents types de couvert végétal utilisés sont résumés dans le tableau 2. Ces traitements étaient répétés trois fois dans chaque village.

Trois conditions essentielles ont été utilisées dans le choix des parcelles expérimentales:

- *Le type de sol.* La parcelle devait être sur un sol ferrallitique désaturé, argileux à partir des couches superficielles.
- *La position topographique.* Seules les parcelles installées sur les unités de basses terres légèrement ondulées (pente entre 5 et 10%) telles que définies par Van Gemerden et Hazeu (29) étaient prises en considération.
- *La couverture végétale.* Les types de jachère naturelle paysanne identifiés par Nounamo et Yemefack (17) et décrites dans le tableau 2, ainsi que le type de mise en valeur de la parcelle étaient prises en considération. L'historique de l'utilisation de ces parcelles était aussi prise en compte.

Tableau 2

Caractéristiques des différents types de couvert végétal utilisé en agriculture traditionnelle dans la zone

Phase	Traitements (nom local)	Durée (an) par		Type de Végétation /Type de spéculation	Superf. moy. parcelles (ha)	Nbre (n) parcelles
		phase	cycle			
C U L T.	CCs (<i>Afub wondo</i>) (Cultures mixtes, début période)	0,3	0,3	Arachide, maïs, manioc, macabo	0,5	9+9
T.	CCf (Cultures mixtes, fin période)	2-2,5	2-3	Derniers maniocs sous envahissement de l'herbe <i>Chromolaena odorata</i>	0,5	idem que CCs
J A C H E R E	JC (Jachère à <i>Chromolaena</i>) JA (Jachère Arbustive)	3-5	5-8	Végétation d'herbes dominée par <i>Chromolaena odorata</i>	0,5	9
R E	JF (Jachère Forestière)	12-15	15-20	Végétation d'arbres de forêts secondaires avec gros tronc et une canopée	2	9
P E R E N.	CA (Cacaoyères)	>20	>20	Cacaoyers, fruitiers divers, et une végétation d'arbres forestiers à canopée plus ou moins fermée	2-10	9
N.	FV (Forêt Vierge)	Ind.	Ind.	Espèces de forêt tropical humide	nd.	9
Nombre total de parcelles échantillonnées						63

- Noms scientifiques des spéculations: Arachide (*Arachis hypogaea*), maïs (*Zea mays*), manioc (*Manihot esculenta*), macabo (*Xanthosoma pubescens*), cocoa (*Theobroma cacao*).

- Légende: CULT.= Phase de cultures; JACHERE= Phase de la jachère; PEREN.= Phase pérenne; Superf. moy.= Superficie moyenne des parcelles; Ind.= Indéterminé.

- NB: Le début de la phase de cultures mixtes CC se situe entre le défrichement et le brûlis (environ trois mois avant le prélèvement d'échantillons CCs); le début des jachères se situe à la fin de la phase de culture et correspond au prélèvement d'échantillons CCf.

Echantillonnage et analyse de sol

L'échantillonnage s'est fait en milieu paysan sur six types de parcelles: les quatre types de jachères naturelles paysannes (JC, JA, JF, FV), les cacaoyères (CA) de plus de vingt ans d'âge, et les champs de cultures vivrières mixtes (*Afoub wondo*) arachide-maïs-manioc (CC). Ces types de champs d'*Afoub wondo* sont généralement mis en valeur lorsqu'on défriche les jeunes jachères du type JC et JA. Les cycles cultures-jachères sont reconnus pour avoir une influence significative sur la dynamique des propriétés des couches superficielles du sol en fonction de l'âge de la jachère (21, 34); mais les changements qui surviennent au cours de ces cycles sont souvent si lents qu'il apparaît pour le moment difficile de les suivre uniquement en mode diachrone sur une parcelle d'expérimentation. Une approche synchronique abordant simultanément dans l'espace les jachères de différents âges a été combinée aux observations diachroniques sur des parcelles en début et en fin de la période de cultures vivrières. Les échantillons composites de terre ont été prélevés à l'aide de la tarière Edelman, en neuf points situés sur les diagonales dans chaque parcelle et sur trois couches de sol (0-0,1; 0,1-0,2 et 0,3-0,5 m). Les sols sous jachères naturelles et ceux sous cacaoyères (CA) ont été prélevés une seule fois en 1997, alors que les champs d'*Afoub wondo* (CC) ont été prélevés deux fois. Le premier prélèvement (CCs) a été effectué en première campagne 1996 trois semaines après le semis, et le deuxième prélèvement (CCf) en fin du cycle de cultures deux ans et demi plus tard. Ces échantillons de sol ont été analysés au laboratoire des sols et des plantes du Centre IRAD de Nkolbisson pour les déterminations suivantes: la capacité d'échange cationique (extraction avec 1M de NH_4AC à pH 7), le carbone organique (méthode de Walkey & Black), la granulométrie (méthode de la pipette de Robinson), la densité apparente (prélèvement au cylindre), la stabilité des agrégats à l'aide de la méthode de «water-drop-impact» (11), et l'indice de stabilité structurale calculé en divisant par 250 le nombre de gouttes d'eau qui détruisent complètement l'agrégat. Le chiffre 250 est ici pris en compte selon la méthode de «water-drop-impact» comme la limite à laquelle l'agrégat est considéré comme stable.

Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA), la séparation de moyennes des traitements (méthode Tukey's HSD) et les comparaisons multiples ont été utilisées pour évaluer l'évolution de la teneur en argile granulométrique le long de la chronoséquence. L'analyse de régression multilinéaire (stepwise regressions) a été utilisée pour évaluer les relations entre ces teneurs en argile et les autres propriétés agronomiques du sol. Pour tous les calculs, le logiciel Systat (26) a été mis à contribution.

Résultats et discussion

La figure 1 montre la tendance générale de l'évolution de la teneur en argile depuis la mise en culture jusqu'à la jachère de différentes durées, et dans les vieilles

cacaoyères par rapport à la forêt vierge. Bien que de nombreuses études sur l'influence des pratiques agricoles sur les propriétés des sols tropicaux (14, 25) n'aient souvent pas dévoilé un important changement des particules fines du sol, cette figure fait apparaître clairement la distinction entre la phase de culture et la période de jachères.

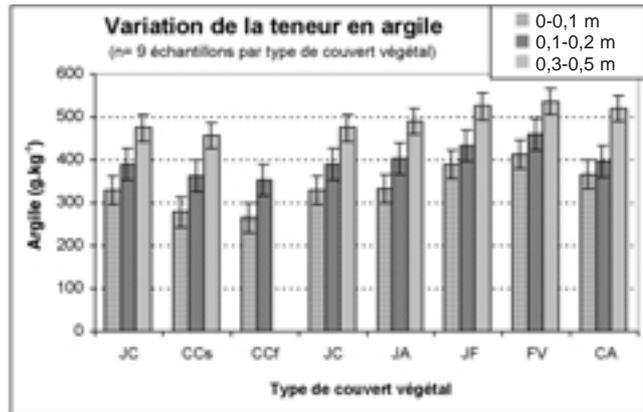


Figure 1: Tendence générale d'évolution du taux d'argile sous différents traitements.

Changement de la teneur en argile au cours de la période de culture

Les résultats de l'étude diachronique effectuée sur les parcelles de JC et JA défrichées et mises en cultures mixtes pendant deux ans et demi montrent (Tableau 3) une diminution de la teneur de la fraction granulométrique argileuse ($< 2 \mu\text{m}$) depuis la jachère originelle jusqu'à la fin des cultures (début d'une nouvelle jachère).

Bien que le sol issu de JA ait une teneur en argile relativement plus élevée que celui issu de JC, les pertes d'argile sur la couche 0-0,1 m sont en valeur absolue de 60 g.kg^{-1} dans les deux cas en fin de période de cultures (CCf). Cette perte correspond en valeur relative à près de 20% de la quantité d'argile des jachères originelles (JC et JA). En ce qui concerne les couches 0,1-0,2 m et 0,3-0,5 m, les mêmes tendances sont observées, mais l'ampleur des pertes décroît avec la profondeur. Ainsi, on note en valeur absolue 30 g.kg^{-1} et moins de 20 g.kg^{-1} respectivement dans les deux couches; ce qui en valeur relative équivaut aux pertes respectives de 10% et 4%.

Les sols des jachères originelles (JC et JA) des champs étudiés avaient déjà perdus relativement 20% d'argile par rapport à la FV au cours des cycles précédents de cultures-jachères. Avec l'augmentation de la pression sur les terres de la région d'étude, les paysans dépendent de plus en plus des JC et JA pour la production des cultures vivrières (17). Au cours des deux décennies, ces parcelles ont supporté trois à quatre cycles de cultures, et les sols ont subi d'importants phénomènes de lessivage et d'érosion en nappe en début de chaque campagne. Bien que les pertes en terres par l'érosion en nappe aient été reportées au nord-est de la zone d'étude par Ambassa-Kiki (1) comme étant faibles

Tableau 3

Variation du taux d'argile au cours de la période de culture et en fonction de la jachère originelle (nombre d'échantillons n= 9 pour chaque traitement et pour chaque type de jachère originelle)

	Origine JC						Origine JA					
	Argile (g.kg ⁻¹)		Ecart JC (%)	Ecart FV (%)	CV %		Argile (g.kg ⁻¹)		Ecart JA (%)	Ecart FV (%)	CV %	
Couche 0-0,1 m												
Jachère	328	(36)	a	na	-20	33	333	(39)	a	na	-19	34
CCs	278	(29)	ab	-15	-33	31	315	(31)	ab	-9	-23	33
CCf	265	(24)	b	-19	-36	21	275	(26)	b	-17	-33	29
Couche 0,1-0,2 m												
Jachère	388	(36)	a	na	-15	28	03	(37)	a	na	-12	28
CCs	361	(33)	ab	-7	-21	28	387	(30)	ab	-4	-16	26
CCf	352	(33)	b	-9	-23	23	376	(29)	b	-7	-18	23
Couche 0,3-0,5 m												
Jachère	475	(29)	a	na	-12	19	489	(26)	a	na	-9	16
CCs	456	(29)	a	-4	-15	19	466	(30)	a	-5	-13	21
CCf	nd			nd	nd	nd	nd		nd	nd	nd	

Les nombres entre parenthèses donnent l'erreur standard obtenu en faisant la moyenne de n= 9 échantillons; nd= non déterminé; na= non appliqué. Les teneurs en argile suivies de la même lettre dans la même colonne et sur la même couche ne sont pas différentes au seuil de 5%. CV%= Coefficient de variation. Ecart JC= Ecart absolu (JC-CC) par rapport à la jachère originelle JC; Ecart JA= Ecart absolu (JA-CC) par rapport à la jachère originelle JA; Ecart FV= Ecart absolu (FV-JC, FV-JA, FV-CC) par rapport à la Forêt vierge FV

(2 tonnes/ha/an) sous ce système agricole, entre le défrichage de la jachère et la date de prélèvement des échantillons CCs, les couches superficielles du sol avaient déjà connu une perte relative de 9 à 15% (soit en valeur absolue 20 à 50 g.kg⁻¹) de leurs teneurs en argile par rapport à celles des jachères originelles.

Dans la pratique de ces jachères rotatives, il y a donc une "désargilisation" de la partie supérieure du profil pédologique qui en conséquence s'enrichit en texture sableuse. La fraction limoneuse, très faible et caractéristiques des sols ferrallitiques (12) reste généralement invariable dans ces conditions. Le processus de cette désargilisation reste encore mal connu. Il est néanmoins à noter que les silicates kaolinitiques et les oxyhydroxydes d'aluminium et de fer qui dominent dans la fraction argileuse de ces sols (2, 18, 33) sont généralement stables à bas pH (entre 3 et 4,5). Mais l'augmentation du pH qui atteint souvent les valeurs de 6 à 7 immédiatement après le brûlis (6, 34) est de nature à faciliter la solubilisation de ces minéraux qui, du fait peuvent aisément faire l'objet des translocations et/ou dispersions de quelque nature que ce soit. Ceci peut être illustré par l'exemple décrit par Taylor et Eggleton (27) sur l'équilibre de l'aluminium et de la gibbsite dans la solution du sol en relation avec le pH. En effet, la gibbsite est un hydroxyde d'aluminium de formule chimique Al(OH)₃. Elle peut dissoudre dans l'eau du sol en produisant l'ion Al³⁺ qui peut subir par la suite, une hydrolyse dont les produits varient en fonction du pH du milieu. A pH entre 3-5, les molécules Al(OH)₃ et ions Al³⁺ dominant dans le sol. A pH entre 6-7, Al(OH)₃ et

Al(OH)₂⁺ sont les produits les plus dominants dans le sol, et à pH > 7, seul les ions Al(OH)₄⁻ restent dominants dans le milieu.

Changement de la teneur en argile au cours de la période de jachère naturelle

L'étude synchronique abordant simultanément dans l'espace les jachères d'âges différents a permis d'évaluer la reconstitution de la fraction fine du sol pendant la période de jachère. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 4.

Une nette tendance à l'augmentation du taux d'argile du sol est observée pendant la phase de la jachère. La différence en argile du sol entre la JF et les champs en fin de cultures (CCf) est significative (p < 0,05) dans les deux premières couches étudiées. Les sols des vieilles cacaoyères (CA) se comportent de la même manière que ceux des jachères dans la reconstitution de la fraction argileuse du sol. Bien que les teneurs d'argile du sol sous CA soient inférieures à celles des JF et FV, cette différence n'est néanmoins pas significative. Cependant, que ce soit sous JF ou sous CA, 8 à 12% (respectivement) d'argile par rapport au sol sous FV restent irrécupérables sur toutes les deux premières couches quelque soit la durée de la jachère contre 2 à 3% sur la troisième couche. Dans cette dernière, malgré la tendance à l'amélioration du taux d'argile du sol avec la durée de la jachère (4 à 12% en valeur relative), aucune différence significative n'est observée par rapport à CCf.

Tableau 4

Variation du taux d'argile en fonction de l'âge de la jachère. Moyennes de n= 9 échantillons par type de jachère

Type de jachère	Argile (en g.kg ⁻¹)	Ecart FV (%)	CV%
Couche 0-0,1 m			
CCf	265 (24) a	-36	21
JC	328 (36) a	-20	33
JA	333 (39) a	-19	34
JF	388 (33) b	-8	25
FV	412 (33) b	na	29
CA	366 (36) b	-12	29
Couche 0,1-0,2 m			
CCf	352 (33) a	23	23
JC	388 (36) a	-15	28
JA	403 (37) ab	-12	28
JF	431 (28) ab	-6	20
FV	458 (49) b	na	26
CA	396 (42) b	-14	28
Couche 0,3-0,5 m			
CCf	nd	nd	nd
JC	475 (29) a	-12	19
JA	489 (26) a	-9	16
JF	525 (20) a	-2	12
FV	537 (40) a	na	23
CA	520 (41) a	-3	25

Les nombres entre parenthèses donnent l'erreur standard obtenu en faisant la moyenne de n= 9 échantillons; na = non appliqué; nd= non déterminé. Les teneurs en argile suivies de la même lettre dans la même colonne et sur la même couche ne sont pas différentes au seuil de 5%. CV%= Coefficient de variation. Ecart FV= Ecart absolu (FV-JC, FV-JA, FV-JF, FV-CA, FV-CC) par rapport à la forêt vierge FV.

L'influence de la jachère sur la reconstitution de l'argile du sol apparaît donc évidente sur les couches superficielles du profil. Il se pourrait que la macro-faune du sol y joue un rôle important; notamment les termites et les vers de terres géophages dont les activités sont susceptibles de remonter à partir des horizons sub-superficiels, les particules fines du sol en surface. Les travaux de Donovan *et al.* (8) ont montré une amélioration de la qualité du sol et en particulier une relative augmentation de la teneur en kaolinite du sol de surface seulement après treize jours d'activités des termites (*Cubitermes fugifaber*). Selon Dibog (7), leurs effets et leur distribution par unité de surface et par espèce sont plus complets sous les vieilles jachères et les forêts peu perturbées. Mais, cette distribution est encore hasardeuse dans les champs sous cultures et sous jeunes jachères. Des investigations futures sont nécessaires pour mieux appréhender la nature du processus qui conduit à la "réargilisation" des horizons superficiels du sol ainsi dégradés par les cultures.

Il est opportun de noter qu'au contraire d'une étude expérimentale dont les conditions expérimentales et les répétitions sont souvent mieux contrôlées, cette étude était une recherche exploratoire dont les observations faites sur plusieurs localités à un instant donné peuvent souffrir des effets d'erreurs de diverses sources (10). L'ampleur des phénomènes qu'évoquent cette étude

pourrait donc envelopper une dose d'erreur de manipulations. Afin de pouvoir produire un jugement relativement plus rassurant sur la validité de cette dynamique des particules fines du sol, une analyse de régression a été conduite pour évaluer le lien avec les autres propriétés du sol.

Relations entre la teneur d'argile et les autres propriétés agronomiques du sol

Certaines propriétés chimiques et physiques susceptibles d'influencer la mise en valeur agronomique des sols étudiés ont montré des interactions avec les variations des teneurs en argile. Bien que certaines de ces relations soient bien connues dans la littérature, il nous a semblé important de les réexaminer dans ce cas précis afin de se rendre à l'évidence que ce constat en argile ne résulterait pas seulement des erreurs de manipulations d'échantillons.

Relations avec la capacité de rétention des nutriments

La composition de la fraction argileuse des sols étudiés est largement dominée par la kaolinite et les minéraux d'oxydes de fer et d'aluminium (33). Cette prédominance de kaolinite ainsi que la présence des oxydes de

fer, souvent chargés positivement dans les conditions de sols acides (6, 31) conduisent à une faible capacité d'échange cationique (CEC) de cette fraction (Tableau 1). La capacité de ces sols à retenir les nutriments est en général assurée par l'abondance des particules fines dont les teneurs, dans les conditions climaxiques, sont supérieures à 50% en-dessous de la mince couche humifère (0,03 à 0,05 m). La FV est considérée ici comme la référence climaxique, à l'équilibre, et à partir de laquelle peuvent être appréciés les effets de perturbations et leurs conséquences.

Les résultats de cette étude ont montré une baisse de près de moitié des particules fines d'argile sous cultures vivrières (voir ci-haut). Une analyse de régression linéaire montre que ces variations du taux d'argile contribuent de façon hautement significative ($p=0,000$) pour 38% des fluctuations de la CEC sur la couche 0-0,1 m (voir équation ci-dessous).

$$\begin{aligned} - \text{CEC} &= 2,89 + 0,29 \cdot A; \\ &\text{avec } r^2 = 0,38; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \% \end{aligned}$$

En associant les variations du taux de matière organique à celles de l'argile, la fluctuation de la CEC est expliquée à 68% avec la même probabilité $p=0,000$; suivant l'équation:

$$\begin{aligned} - \text{CEC} &= 1,46 + 0,15 \cdot A + 2,06 \cdot \text{CO}; \\ &\text{avec } r^2 = 0,68; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \%; \\ &\quad \text{CO} = \text{Carbone organique } \% \end{aligned}$$

Ce résultat corrobore l'idée selon laquelle la réserve minérale de ces sols est directement subordonnée à la quantité de la fraction fine et de la matière organique du sol.

Relation avec la densité apparente (D_a) et la stabilité des agrégats

La densité apparente du sol est l'expression de la structure et de la porosité, en particulier de l'agrégation et de l'adhésion de ce sol. Un sol à agrégats cohérents et bien individualisés a généralement une densité apparente faible. Les horizons superficiels des sols étudiés ont en conditions climaxiques une densité apparente entre 0,8 et 1 g.cm^{-3} ; ceci pour des teneurs en argile de plus de 50%. Ce résultat corrobore avec les définitions rapportées par Kauffman *et al.* (12). Les courbes de régression entre les variations du taux d'argile et celle de la densité apparente montrent l'existence d'une relation hautement significative ($p=0,000$) entre les deux caractéristiques du sol. Les variations du taux d'argile sur la couche 0-0,1 m contribuent pour 40% aux fluctuations de la densité apparente. Cette relation se traduit par les équations linéaires ci-dessous:

$$\begin{aligned} - a &= 1,42 - 0,01 \cdot A; \\ &\text{avec } r^2 = 0,40; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \% \end{aligned}$$

Lorsqu'on associe la matière organique à la texture argileuse du sol, les deux caractéristiques expliquent à 63% ($p=0,000$) les variations de la densité apparente.

$$\begin{aligned} - D_a &= 1,46 - 0,006 \cdot A - 0,057 \cdot \text{CO}; \\ &\text{avec } r^2 = 0,63; \quad p = 0,000; \\ &\quad \text{CO} = \text{Carbone organique } \% \end{aligned}$$

En agissant comme liant des agrégats du sol, la fraction argileuse et la matière organique assurent la cohésion des agrégats et l'adhésion avec les autres agrégats dans l'édification de la structure et de la porosité du sol. Il en est de même pour leur stabilité car l'indice de stabilité structurale calculé à partir de la méthode de «water-drop-impact» (11) est pratiquement égal à 1 pour la couche 0-0,1 m des sols sous FV, dénotant ainsi une parfaite stabilité alors que les sols sous cultures (CCs et CCf) et sous jeunes jachères (JC et JA) ont des indices de stabilité structurale inférieurs à 0,6. En effet, dans le processus d'argilisation des horizons superficiels du sol, Garnier-Sillam et Renoux (9) affirment que le complexe argilo-humique stable formée à partir de l'activité métabolique des termites induit dans leur aire trophoportique une excellente stabilité structurale, une bonne perméabilité et une forte porosité inter-galeries souterraines.

Conclusion

Au cours des cycles cultures-jachères, la fraction granulométrique argileuse du sol subit des changements importants de teneur. Pendant la période de cultures vivrières, un important processus de "désargilisation" des horizons superficiels du sol a lieu. Cette "désargilisation" est souvent si poussée qu'on assiste à une diminution de près de 40% de la teneur en argile par rapport aux teneurs en conditions climaxiques de forêt vierge prises comme la référence à l'équilibre, et à partir de laquelle les effets des perturbations peuvent être appréciés. Au cours de la jachère naturelle, une reconstitution partielle de cette argile a lieu; mais 10 à 15% de la teneur originelle reste irrécupérable, même par des longues jachères naturelles. Ces variations de teneur de la fraction argileuse du sol ont un impact négatif hautement significatif sur la capacité de rétention des nutriments, la densité apparente et la stabilité des agrégats du sol. La persistance de ces corrélations hautement significatives entre les variations du taux d'argile et les autres propriétés du sol montre que ce processus de dynamique de la fraction fine des horizons pédologiques superficiels sous l'effet des pratiques culturales de la région est un phénomène dont la recherche doit prendre avec plus de sérieux.

Bien que l'activité de la macro-faune (termites et vers de terres) digestatrice du sol sous les vieilles jachères soit connue comme un des facteurs de la "réargilisation" des horizons superficiels par la remontée des particules fines, une attention particulière doit être portée sur ce genre de phénomène car les paysans du site ont de plus en plus tendance à intensifier leurs activités agricoles sur les courtes jachères. Des investigations devront chercher à répondre à quelques préoccupations suivantes: que faire pour recouvrer (réhabiliter) la fraction non restituée par la jachère? Quelle fraction minéralogique est la plus susceptible à ces changements?

Comment peut-on gérer cette fraction granulométrique fine du sol pour permettre une intensification ou une amélioration de ce système agricole?

Références bibliographiques

1. Ambassa-Kiki R. & Nill D., 1999, Effects of different land management techniques on selected topsoil properties of a forest ferralsol. *Soil & Tillage Research*, 52, 259-264.
2. Bilong P., 1992, Caractère des sols ferrallitiques à plinthise et à pétroplinthise développés sur roches acides dans la zone forestière du sud Cameroun. Comparaison avec les sols développés sur roches basiques. *Cah. ORSTOM, série Pédol.* 27, 203-224.
3. Champetier de Ribes G. & Aubague M., 1956, Carte géologique de reconnaissance (1/500000): Notice explicative sur la feuille Yaoundé-est. Paris 1956.
4. Champetier de Ribes G. & Reyre D., 1959, Carte géologique de reconnaissance (1/500000): Notice explicative sur la feuille Yaoundé-ouest. Paris 1959.
5. CPCS, 1967, Classification des sols. Travaux Commission de Pédologie et de la Cartographie des Sols.
6. Dabin B., 1985, Les sols tropicaux acides. *Cah. ORSTOM, Sér Pédol Vol XXI n° 1*: 7-19.
7. Dibog L., 1999, Biodiversity and ecology of termites (Isoptera) in a humid tropical forest, Southern Cameroon, Ph D Dissertation (Imperial College, Silwood Park, Ascot).
8. Donovan S.E., Eggleton P., Dublin W.E., Batchelder M. & Dibog L., 2001, The effect of soil-feeding termite, *Cubitermes fugifaber* (Isoptera: Termitidae) on soil properties: termites may be an important source of soil microhabitat heterogeneity in tropical forests. *Pedobiologia*, 45, 1-11.
9. Garnier-Sillam E. & Renoux J., 1998, Biologie et rôle des termites dans les processus d'humification des sols forestiers tropicaux du Congo: Essai d'interprétation. *In: Garnier-Sillam et al.: Rapport du Séminaire International sur les facteurs et conditions du maintien de la fertilité du milieu tropical humide. Pointe Noire, 9-21 mars 1987, R.P. du Congo.*
10. Haining R.P., 1990, Spatial data analysis in the social and environmental sciences. Cambridge University Press. Cambridge. 409 p.
11. Imerson A.C. & Vis M., 1984, Assessing soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma*, 34, 185-200.
12. Kauffman S., Sombroek W. & Mantel S., 1998, Soils of rainforests: Characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. *In: Schulte A. & Ruhiyat D. (ed), Soils of tropical ecosystems: Characteristics, ecology and management.* Springer, Berlin.
13. Köppen W., 1836, Das geographische System der Klimate. *In: Köppen W. & Geiger R. (ed), Handbuch der Klimatologie.* Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin. 44 p.
14. Lal R., 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological properties. *Land degradation & development*, 7, 19-45.
15. Letouzey R., 1985, Notice phytogéographique du Cameroun au 1/500 000. Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse, France. 142 p.
16. Martins P., Cerri C.C., Volkoff B. & Andreux F., 1990, Efeito do desmatamento e do cultivo sobre características físicas e químicas do solo sob floresta natural na Amazonia oriental. *Revista Instituto Geologica Sao Paulo* 8-10, 11(1), 21-33.
17. Nounamo L. & Yemefack M., 2001, Farming systems in the evergreen forest of southern Cameroon: Shifting cultivation and soil degradation. *Tropenbos-Cameroon Documents 8. The Tropenbos-Cameroon Programme and The Tropenbos Foundation, Wageningen, The Netherlands.* 62 p.
18. Onguene M., 1993, Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun): Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon jaune et relation avec l'évolution du modélé. Thèse Doc. Univ. Paris VI, 254 p.
19. Prat C., 1990, Relation entre érosion et systèmes de production dans le bassin-versant sud du lac Mangua (Nicaragua). *Cah. Orstom, sér. Pédol.* 25, 171-182.
20. Sanchez P.A., 1977, Soil management under shifting cultivation. *In: Sanchez P.A. (ed): Review of soils research in tropical latin America.* Tech. Bul. n°: 219. N.C. State University at Raleigh.
21. Sanchez P.A., 1983, Nutrient dynamics following rainforest clearing and cultivation. *Proceeding of international workshop on soils.* Townville, Queensland, Australia. 12-13 September 1983.
22. Schwertmann U. & Herbillion A.J., 1992, Some aspects of fertility associated with the mineralogy of highly weathered tropical soils. p. 47-59. *In: SSSA and ASA. Special Publications n° 29.*
23. Slaats J.J.P., 1995, *Chromolaena odorata* fallow in food cropping systems: an agronomic assessment in south-west Ivory Coast. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen, The Netherlands.
24. Soil Survey Staff, 1998, Keys to soil taxonomy. 8th edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.
25. Sommer R., Denich M. & Vlek P.L.G., 2000, Carbon storage and root penetration in deep soils under small-farmer land-use systems in the eastern Amazon region, Brazil. *Plant & Soil*, 219, 231-241.
26. SYSTAT, inc. 1990-1993, SYSTAT 5.03 for Windows. Systat inc. 1800, Sherman Ave, Evanston IL USA 60201.
27. Taylor G. & Eggleton R.A., 2001, Regolith geology and geomorphology. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, England.
28. Tulaphitak T., Pairintra C. & Kyuma K., 1985, Changes in soil fertility and tilth under shifting cultivation: Changes in soil nutrient status. *Soil Sci. Plant Nutr.* 31(2), 239-249.
29. Van Gemerden V.B.S. & Hazeu G.W., 1997, Landscape ecological survey (1/100 000) of the Bipindi -Akom II - Lolodorf region, southwest Cameroon. *Tropenbos-Cameroon Documents 1. The Tropenbos-Cameroon Programme and The Tropenbos Foundation, Wageningen, The Netherlands,* 232 p.
30. Van Reuler H., 1996, Nutrient management over extended cropping periods in the shifting cultivation system in south-west Ivory Coast. Thesis, Landbouw Universiteit Wageningen, The Netherlands.
31. Van Wambeke A., Eswaran H., Herbillion A.J., & Comerma J., 1983, Oxisols. *In: Wilding L.P. et al. (ed), Pedogenesis and soil taxonomy.* Elsevier, NY.
32. Volkoff B., Cerri C.C., & Andreux F., 1988, Matière organique et conservation des sols en zones tropicales forestières: Voies actuelles de recherches. 9^e réunion du Comité Ouest et Centre Africain de corrélation des sols. 14 - 23 novembre 1988. Cotonou, R.P. Bénin.
33. Voundi Nkana J.C., Demeyer A., Baert G., Verloo M.G. & Van Ranst E., 1997, Chemical fertility aspects influenced by the mineralogical composition of some acid tropical soils of the forest zone in central Cameroon. *Agrichimica*, 41, 209-220.
34. Yemefack M. & Nounamo L., 2000, Dynamique des sols et durée optimale des jachères agricoles naturelles au sud Cameroun pp. 135 - 141, *In: Floret Ch. & R. Pontanier (ed): La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives.* Editions John Libbey Eurotext. Paris, France. 803 p.

M. Yemefack, Camerounais, MSc in Soil Survey and Applications of soil information, Chercheur à Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun. PhD Candidat à l'Institute of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Pays-Bas depuis 2001, C/o ITC, P.O. Box 6, 7500AA Enschede, Pays-Bas.

L. Nounamo, Camerounais, PhD, Farming systems specialist, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

Rosaline Njomgang, Camerounaise, Doctorat d'Université de France en Science du sol, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Chef de laboratoire d'analyse de sols et de végétaux de Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

P. Bilong, Camerounais, Doctorat d'Etat en Science du sol, Professeur et vice-Doyen de la Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812 Yaoundé, Cameroun.

Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun)

C. Tchiégang^{1*} & Kitikil Aissatou²

Keywords: Ethnonutrition- Adamawa- Cameroon- Underused leafy vegetables- Physico chemical composition

Résumé

Le présent travail porte sur l'importance nutritionnelle des légumes-feuilles consommés dans la localité de Bini-Dang situé dans la savane de l'Adamaoua à Ngaoundéré (Cameroun). Premièrement, une enquête a été faite sur quelques données ethnonutritionnelles sur l'utilisation et la consommation des légumes-feuilles. Deuxièmement, les analyses physico-chimiques sur huit espèces de légumes-feuilles les plus consommés choisies parmi les espèces recensées dans la même localité ont été effectuées. Les huit légumes-feuilles analysés sont: Thalium triangulare, Momordica charantia, Moringa oleifera, Hibiscus cannabinus, H. sabdariffa, Ceratophora sesamoïdes, Corchorus olithorus et Vigna unguiculata. Des résultats obtenus, il ressort que dans cette localité, 19 groupes ethniques ont été recensés dans 103 ménages pour une population de 621 habitants (adultes et enfants). Vingt-quatre légumes-feuilles appartenant à des espèces variées sont consommés. 66,66% sont cultivés alors que 33,33% sont cueillis dans la nature car poussent spontanément sans aucun soin humain. Les analyses physico-chimiques ($P \leq 0,05$) montrent que les sucres totaux représentent $43,35 \pm 0,03\%$ (C. olithorus) à $50,16 \pm 0,01\%$ (H. sabdariffa) et les protéines sont en proportions non négligeables de $18,39 \pm 0,01\%$ (H. sabdariffa) à $26,48 \pm 0,01\%$ (V. unguiculata) par rapport à la matière sèche (MS). Les cendres sont aussi importantes avec des teneurs comprises entre 8% (M. oleifera) et 14% (T. triangulare). Le minéral le plus représentatif est le fer avec $3,81 \pm 0,12\%$ pour M. oleifera; $10,13 \pm 0,36\%$ pour M. charantia. V. unguiculata ($4,92\% \pm 0,77$ MS) et T. triangulare ($4,59 \pm 0,72\%$) ont la plus grande teneur en vitamine C. Les pigments naturels et les antinutritionnels ont des faibles valeurs. Quant aux fibres alimentaires, les valeurs sont comprises entre $10,63 \pm 0,18\%$ MS (M. charantia) et $15,40 \pm 0,13\%$ MS (H. sabdariffa). En somme, les légumes-feuilles consommés pourraient constituer pour cette population un supplément alimentaire important.

Summary

Ethnonutritional Data and Physicochemical Characteristics of Consumed Leafy Vegetables in the Adamawa Savannah (Cameroon)

The present study is focussed on the nutritional importance of consumed leafy vegetables in Bini-Dang situated in the Adamawa savannah in Ngaoundere (Cameroon). Firstly, inquiries are held on some ethnonutritional data on the usage and consumption of leafy vegetables. Secondly, physico-chemical analyses have been carried out on some nutrient and antinutrient contents of eight most consumed leafy vegetables recorded. They are: Thalium triangulare, Momordica charantia, Moringa oleifera, Hibiscus cannabinus, H. sabdariffa, Ceratophora sesamoïdes, Corchorus olithorus and Vigna unguiculata. Results obtained show that: the locality of Bini-Dang has an ethnic diversity with about 103 families composed of 19 ethnic groups, giving a total of 621 persons (adults and children) interrogated. Twenty-four leafy vegetables of different species are consumed. Among these vegetables, 66.66% are cultivated, 33.33% are picked from nature. The results based on statistical analyses of nutrients and antinutrients ($P \leq 0.05$) showed that these leafy vegetables were high in levels of carbohydrates $43.35 \pm 0.03\%$ (C. olithorus) to $50.16 \pm 0.01\%$ (H. sabdariffa) dry weight (DW) and average levels of proteins ranged from $18.39 \pm 0.01\%$ DW (H. sabdariffa) to $26.48 \pm 0.01\%$ DW (V. unguiculata). Total ashes are also important with contents between 8% (M. oleifera) and 14% (T. triangulare). Iron, the most representative mineral was found to be between $3.81 \pm 0.12\%$ for M. oleifera and $10.13 \pm 0.36\%$ for M. charantia. It was the only mineral found in high quantity. Vitamin C was also found to be high in V. unguiculata and T. triangulare more than 4% and the levels of pigments and antinutrients were low in all the vegetables analysed. The fibre levels were between $10.63 \pm 0.18\%$ DW for M. charantia and $15.40 \pm 0.13\%$ DW for H. sabdariffa. These leafy vegetables studied were found to have high nutritional potential.

¹Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Département des Sciences Alimentaires et de Nutrition, B.P. 455 Ngaoundéré – Cameroun. Fax (237) 225 27 5, E.mail: clerge.tchiegang@caramail.com.

²Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, B.P. 454 Ngaoundéré – Cameroun.

*Personne pour toute correspondance.

Reçu le 03.08.03. et accepté pour publication le 22.09.03.

Introduction

Une quantité considérable de plantes soit sauvages et mi-sauvages, soit cultivées servent de complément alimentaire très important. Il existe au Cameroun une abondance remarquable de légumes de toutes sortes. On suppose que le nombre total de plantes utilisées en tant que légumes au Cameroun s'élève approximativement à 150 espèces (19). On cultive une grande variété de plantes potagères tant locales qu'introduites. Ils forment un ensemble constitué des parties chlorophylliennes à l'exemple des feuilles, fruits, tiges, et inflorescences (6). Il n'existe que peu d'informations solides sur les légumes-feuilles au Cameroun et des descriptions exactes font en général défaut. On ne note que quelques études au Cameroun et au Nigeria (8, 14, 15, 16, 17). L'habitude alimentaire des populations de la savane de l'Adamaoua repose sur une alimentation constante faite de couscous à base de la farine des céréales et de tubercules accompagnés presque toujours des sauces à base de légumes-feuilles. Ces légumes contiennent des éléments nutritifs et antinutritifs (10). Dans la savane de l'Adamaoua, il existe des légumes non cultivés (*Momordica charantia*, *Moringa oleifera*, *Thalinum triangulare*,...), ou à fréquence de consommation élevée par la population (*Cerathotheca sesamoïdes*, *Corchorus olithorus*,...) dont les analyses spécifiques et exclusives sur le plan alimentaire les concernant sont rares et pourtant 100% de ménages les consomment régulièrement (4). La présente étude qui est un exemple pour la petite localité de Bini-Dang, localité de savane de la ville de Ngaoundéré dans l'Adamaoua (Cameroun) a deux objectifs. Le premier vise à inventorier et identifier les légumes-feuilles traditionnels consommés par une enquête ethnonutritionnelle. Le deuxième objectif est l'étude physico-chimique de quelques principes nutritifs et antinutritifs de huit espèces de légumes-feuilles les plus consommés. Il s'agit de: *Thalinum triangulare*, *Momordica charantia*, *Moringa oleifera*, *Hibiscus cannabinus*, *H. sabdariffa*, *Cerathotheca sesamoïdes*, *Corchorus olithorus* et *Vigna unguiculata*.

Matériel et méthodes

1. Matériel

1. Population cible

La présente enquête a été menée auprès de la population de Bini-Dang, village situé aux environs du site de l'Université de Ngaoundéré. Cette localité est composée d'une diversité ethnique, religieuse et des personnes à diverses activités sociales. La population est à majorité à vocation agricole et c'est un ensemble de 597 habitants aux enregistrements de l'année 1995-1996 d'après les sources du comité de recensement de la commune rurale de Ngaoundéré. L'enquête a concerné 103 ménages pour un total de 621 per-

sonnes (enfants et adultes) soit une moyenne théorique de 6,02 personnes par ménage tout sexe et âge confondus.

2. Matériel végétal

L'enquête a été orientée vers les légumes-feuilles consommés dans cette localité à cause de leur importance dans l'alimentation de base.

3. Matériel didactique

Le matériel didactique se résume en une fiche d'enquête se présentant sous forme de questionnaires posés à l'enquêté et dont les réponses sont notées ou cochées sur la fiche par l'enquêteur. Cette fiche est composée de questions ouvertes et des questions fermées. Les grands points de cette fiche sont: identification des ethnies constituant la population, identification des différents légumes-feuilles en tenant compte de leur période de récolte, de leur état d'utilisation, de leurs périodes de disponibilité et fréquence de consommation et surtout de leurs caractères organoleptiques.

2. Méthode

1. Enquête dans les ménages

L'enquête s'est déroulée du mois de mars au mois de juillet de l'année 2000 par un enseignant de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI) et une étudiante de Licence en Biologie Appliquée de la Faculté des Sciences de l'Université de Ngaoundéré. Il concerne toute la population dans laquelle les allogènes ont copié les habitudes alimentaires des autochtones. Le choix des ménages s'est fait au hasard. Bini-Dang est une localité qui a grandi à cause de la présence de l'université. L'enquête consiste à rencontrer l'enquêté chez lui, celui-ci est généralement la maîtresse de maison. Dans certains cas, c'est une grande fille de la famille maîtrisant déjà la cuisine de la maison ou le couple. Les personnes cibles de l'enquête sont les mariés ou les célibataires. L'enquêté est soumis aux questionnaires qui suivent la chronologie de la fiche d'enquête et les réponses sont notées par l'enquêteur. Le dialogue s'est déroulé en langues Foulfouldé, Guiziga, Moundang et aussi en Français suivant la langue maîtrisée par l'enquêté. La connaissance de ces langues a rendu facile l'accès dans les ménages. La visite, spontanée et sans aucun rendez-vous, dure environ 45 minutes.

2. Dépouillement de l'enquête

Après la réalisation de toute l'enquête, on a subdivisé le travail par parties. Les parties correspondent aux thèmes ou regroupement des sous-thèmes de la fiche d'enquête. Thème par thème ou question par question, le dépouillement se fait manuellement en effectuant un tri à plat simple après codage des questions.

3. Analyses physico-chimiques

L'enquête a permis de choisir huit espèces de légumes-feuilles les plus consommés parmi les 24 recensées. Ces huit espèces sont choisies en raison de leur fréquence de consommation élevée. Il s'agit de *Hibiscus sabdariffa*, *Vigna unguiculata*, *Cerathotheca sesamoïdes*, *Hibiscus cannabinus*, *Moringa oleifera*, *Momordica charantia*, *Corchorus olithorus*, *Thalinum triangulare*. Un dispositif complètement randomisé est utilisé dans l'analyse des huit légumes selon le schéma de la figure 1.

liques après leur extraction s'est fait en utilisant le réactif de Folin - Ciocalteu (12, 20). Les fibres alimentaires brutes sont estimées par la méthode décrite par Wolff (22). Le traitement des résultats s'est fait par analyse des variances à un seuil de 5% et par test de comparaison multiple de Duncan (21).

Résultats et discussion

1. Diversité ethnique

Dix-neuf ethnies ont été recensées dont 18 camerounaises et 1 tchadienne. Leur répartition en fonction

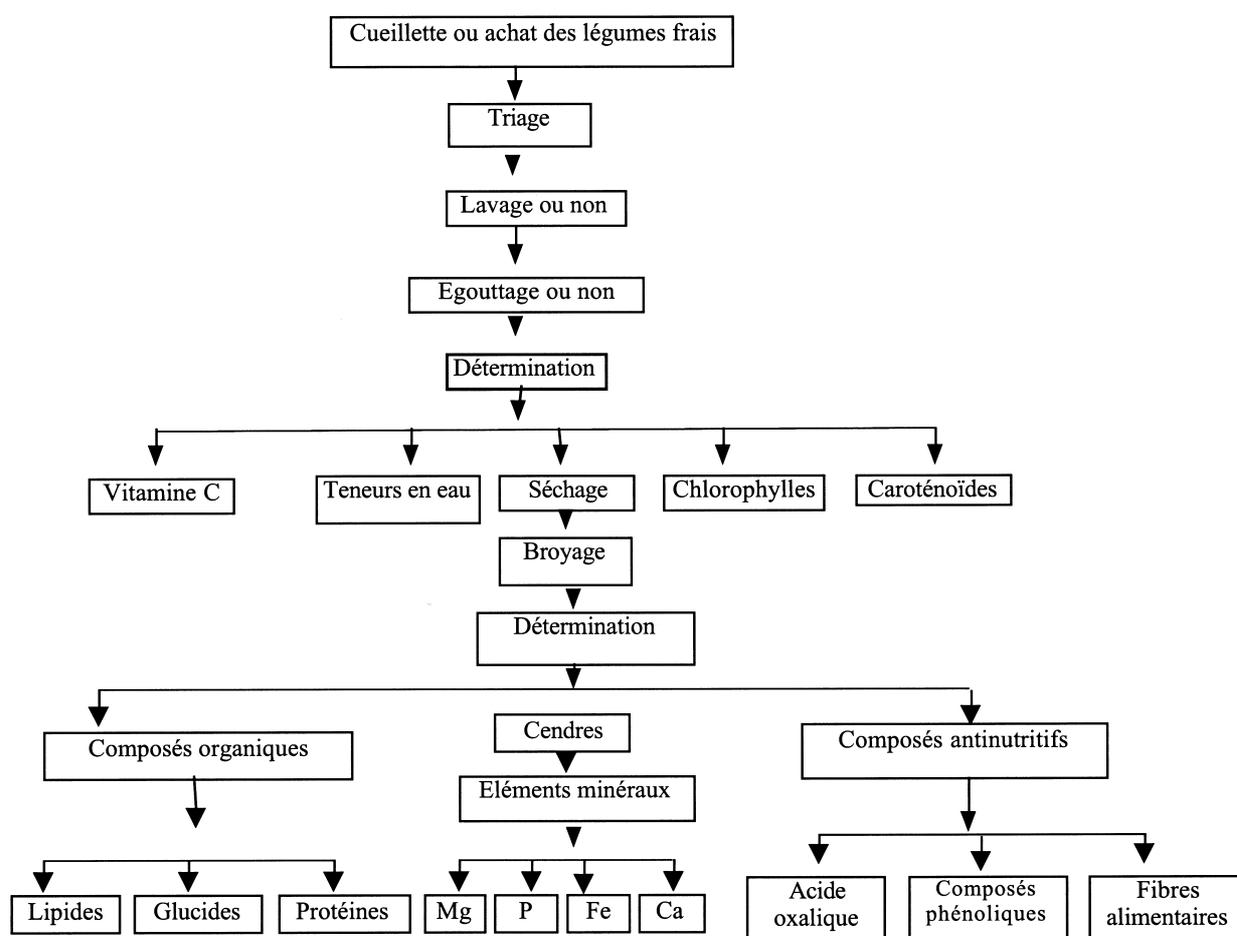


Figure 1: Schéma général de l'étude effectuée sur les légumes-feuilles.

Le dosage de la vitamine C est réalisé sur des feuilles fraîchement cueillies par la réaction d'oxydo-réduction qui utilise le N- Bromosuccinimide (9). Les teneurs en eau, en protéines ($N \times 6,25$), en lipides et en cendres sont déterminées selon les normes AOAC (5). Les minéraux (Fe, P, Ca et Mg) sont dosés à partir des cendres obtenues par incinération des légumes-feuilles (3). Les sucres et dérivés sont dosés par la méthode de Dubois et *al.* (7), les chlorophylles et les caroténoïdes par colorimétrie (5). L'extraction et le dosage de l'oxalate sont effectués en milieu sulfurique et à chaud puis titration avec le permanganate de potassium (1, 13). Le dosage des composés phéno-

des régions d'origine ou pays se présente comme suit:

- Grand sud Cameroun (*Ewondo, Yambassa, Maka, Bangangté, Bamboutos* et *Bamenda*): 9 ménages sur les 103 enquêtées donc 8,73% de cet ensemble;
- Adamaoua (*Foulbé, Mgbaya, Dourou* et *Mboum*): 55 ménages soit 53,4% représentant plus de la moitié des ménages enquêtés;
- Nord et Extrême-nord du pays (*Fali, Guidar, Massa, Toupouri, Guiziga, Moundang* et *Moufou*) 29 ménages soit 28,15%;
- Tchad (*Gambaye*): 10 familles soit 9,7% de l'ensemble enquêté.

Bini-Dang est constitué d'une population chrétienne et musulmane. Les musulmans représentent 66% contre 33,98% pour les chrétiens (catholiques et protestants). Les sans croyances n'ont pas été identifiés.

2. Différents légumes couramment consommés à Bini-Dang

Le présent travail a permis le recensement de 24 légumes-feuilles consommés dans la région. Ces légumes-feuilles peuvent être classés en deux types: les gluants (4 légumes-feuilles) et les non-gluants (20 légumes-feuilles) (Tableau 1).

légumes-feuilles tout au long de l'année à l'état frais ou sec. Ainsi, pendant toute l'année, 12 espèces de légumes-feuilles sont présentes. *Balanites aegyptiaca* et *Hymenocardia acida* sont disponibles en saison sèche uniquement et les 10 légumes-feuilles restants sont présents en saison de pluie seulement.

3. Ménages utilisant garnitures et compléments des légumes

Les préparations des sauces à base de légumes-feuilles impliquent généralement l'accompagnement avec du couscous de maïs, de mil ou du manioc. C'est

Tableau 1
Présentation des 24 légumes-feuilles consommés à Bini-Dang

Noms scientifiques	Familles	Noms en français	Légumes ¹	Noms en langue locale foulfoudé
Légumes non gluants				
<i>Solanum suprium</i>	Solanacées	Morelle noire	*	Koumbi ou houlahada
<i>Vernonia</i> sp.	Astéracées	Vernonia	x	Souaka
<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthacées	Amaranthe	*	Hako-Ndyam ou Agnaka
<i>Cucurbita</i> sp.	Curcubitacées	Citrouille ou feuille de melon	*	Hako - Vaïgoré ou Mborho
<i>Vigna unguiculata</i>	Fabacées	Feuilles de niébé	*	Hako - niébé
<i>Cassia tora</i>	Fabacées	Casse fétide	x	Tasba
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvacées	Oseille de Guinée	*	Foléré
<i>Hibiscus cannabinus</i>	Malvacées	Oseille de Chanvre	*	Gabaye
<i>Moringa oleifera</i>	Moringacées	Neverdié	x	Guilgandja ou Kona
<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiacées	Feuilles de manioc	*	Hako mbaye
<i>Thalinum triangulare</i>	Labiées	Pourpier droit ou grand pourpier	*	Hadoka
<i>Solanum gilo raddi</i>	Solanacées	Grande morelle	*	Ngago ou hako kouitadjé
<i>Hymenocardia acida</i>	Hymenocardiacees	-	x	Samatodjé
<i>Ocimum viride</i>	Labiées	Basilic	*	Yakamré
<i>Brassica</i> sp.	Brassicacées	Choux	*	
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Balanitacées	Balanites ou datier du désert	x	Hako doubao
<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Aracées	Feuilles de macabo	*	boumtodje
<i>Ipomea batatas</i>	Convolvulacées	Feuilles de patate	*	Hako dankali
<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitacées	Liane merveille ou margose	x	Habirou
<i>Hyptis</i> sp.	Labiées	-	x	Djamba djui
Légumes gluants				
<i>Ceratotheca sesamoïdes</i>	Pédaliacées	Boungou	*	Gouboudo
<i>Corchorus olithorus</i>	Tiliacées	Corète potagère	*	Lalo
<i>Hibiscus esculenta</i> (feuille)	Malvacées	Gombo	*	Baskodjé
<i>Adansonia digitata</i>	Bombacacées	Feuilles de baobab	x	Boko

¹ *: Légumes - feuilles cultivés

x: Légumes - feuilles non cultivés

Parmi les 24 légumes-feuilles; 33,33% sont cueillis dans la nature contre 66,66% qui sont cultivés. Les 33,33% représentés par 8 espèces sont des dons de la nature pour la population enquêtée. La consommation des légumes-feuilles dépend de certains paramètres parmi lesquels: les caractères organoleptiques (goût, couleur, saveur, odeur, texture et caractère gluant) et les interdits alimentaires hérités des ancêtres. Sur le marché de la place, on peut trouver les

une habitude alimentaire qu'on retrouve partout dans la partie septentrionale du Cameroun. Les résultats de l'enquête montrent que 100% des familles utilisent les arachides dans la préparation des sauces; 86,4% mettent les condiments pendant la cuisson des légumes. L'utilisation des arachides et des condiments est influencée par le facteur financier. Les autres éléments de garniture se répartissent ainsi qu'il suit: niébé (29,12%), pistache (16,5%) et le reste (sésame,

aubergine, soja, maïs et papaye) constituent 9,4%. Les compléments sont aussi d'une grande diversité: céréales (mil, maïs, riz), tubercules (patate, manioc, igname, macabo...), bananes plantains et pomme de terre. Les céréales et le manioc peuvent se réduire en farine en vue de la préparation du couscous. Dans le cadre général, les légumes-feuilles gluants ne se mangent qu'avec les couscous de maïs, de manioc ou de mil, les non-gluants sont accompagnés non seulement du couscous, mais aussi des tubercules, des pommes de terre et des bananes - plantain bouillis. L'appartenance à une ethnie donnée est d'une certaine influence sur l'habitude de consommation des légumes car les Foulbés mangent rarement les légumes-feuilles préparés avec les tubercules bouillis.

4. Caractères organoleptiques

Les habitudes alimentaires résultent parfois des sensibilités acquises au cours des générations en ce qui concerne certains goûts, odeurs, couleurs, textures des légumes-feuilles ou aspects culinaires. Ces habitudes diffèrent selon les ménages, les ethnies, les religions et les catégories sociales. En fonction des goûts, on note:

- Les légumes amers qui nécessitent un traitement plus compliqué et parfois long avant cuisson. Ce sont: *Solanum suprium*, *Vernonia* sp., *Solanum gilo raddi*, *Balanites aegyptiaca* et *Momordica charantia*.
- Les légumes-feuilles acides (*Hymenocardia acida* et *Hibiscus sabdariffa*) qui sont consommés après élimination du goût acide par ébullition ou par lavage avec du sel gemme ou du dalan (sel gemme traditionnel obtenu à partir de la cendre des débris animaux et végétaux).
- Un seul légume-feuille sucré, *Thalinum triangulare* qui est consommé comme tel sans élimination de son sucre.
- Un seul légume-feuille, *Hibiscus cannabinus* qui a un goût mi-acide mi-amer. Il est soit blanchi et l'eau du blanchiment rejeté, soit préparé en ajoutant seulement un peu de sel gemme.
- Les légumes-feuilles neutres sont plus nombreux (12 légumes): *Brassia* sp., *Hyptis* sp., *Xanthosoma sagittifolium*, *Ipomea batatas*, *Vigna unguiculata*, *Cassia tora*, *Cucurbita* sp., *Moringa oleifera*, *Corchorus olithorus*, *Adansonia digitata*, *Ceratotheca sesamoïdes*, *Amaranthus hybridus*, *Hibiscus esculenta*, *Manihot esculenta* et *Ocimum viride*.

5. Fréquences de consommation par légume

Pour les 103 ménages, les fréquences ou pourcentages de consommation par légume-feuille ont été calculés par semaine (Figure 2).

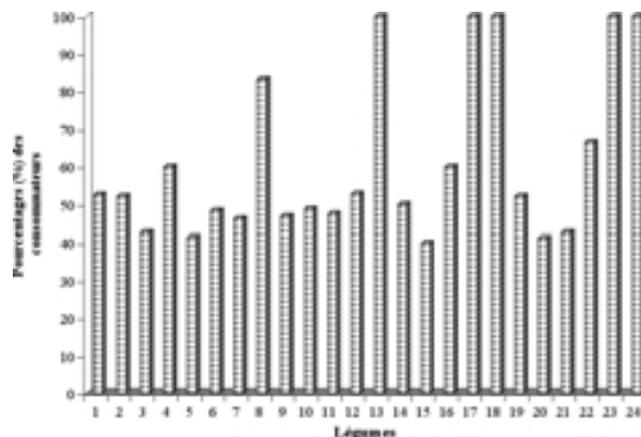


Figure 2: Pourcentages ou fréquences de consommations des légumes par semaine dans 103 ménages de Bini-Dang (Ngaoundéré).

Légende

1: *Vernonia* sp.; 2: *Solanum suprium*; 3: *Hibiscus sabdariffa*; 4: *Amaranthus hybridus*; 5: *Manihot esculenta*; 6: *Cucurbita* sp.; 7: *Hibiscus cannabinus*; 8: *Moringa oleifera*; 9: *Thalinum triangulare*; 10: *Vigna unguiculata*; 11: *Cassia tora*; 12: *Solanum gilo raddi*; 13: *Balanites aegyptiaca*; 14: *Brassica* sp.; 15: *Ipomea batatas*; 16: *Xanthosoma sagittifolium*; 17: *Ocimum viride*; 18: *Hyptis* sp.; 19: *Ceratotheca sesamoïdes*; 20: *Corchorus olithorus*; 21: *Adansonia digitata*; 22: *Hibiscus esculenta*; 23: *Hymenocardia acida*; 24: *Momordica charantia*.

Des résultats, il se dégage que cinq espèces de légumes-feuilles sont consommées à 100% dans toutes les familles. Il s'agit de *B. aegyptiaca*, *O. viride*, *Hyptis* sp., *H. acida* et *M. charantia*. Parmi ces cinq espèces, *B. aegyptiaca*, *H. acida*, *M. charantia* sont cueillies dans la nature. Malgré les fréquences de consommation élevées, ces légumes-feuilles sont toujours considérés comme des dons de la nature. Les pourcentages pour les autres légumes sont inégalement répartis entre 40 et 83,3%. Ces résultats montrent que les légumes-feuilles occupent une place importante dans l'alimentation de cette population. Les fréquences d'utilisation ou de consommation par semaine nous ont permis d'identifier huit espèces de légumes-feuilles les plus consommées. Il s'agit de: *T. triangulare*, *M. charantia*, *M. oleifera*, *H. cannabinus*, *C. sesamoïdes*, *C. olithorus*, *V. unguiculata* et *H. sabdariffa*. Ces légumes ont été choisis en raison de leur importance culturelle dans l'alimentation de base de la population et des appréciations organoleptiques indiquées par les paysans. Cinq de ces légumes sont cultivés (*H. cannabinus*, *C. sesamoïdes*, *C. olithorus*, *V. unguiculata*, *H. sabdariffa*) alors que trois sont cueillis dans la nature (*T. triangulare*, *M. oleifera*, *M. charantia*). Ces huit légumes ont été analysés pour leurs caractéristiques physicochimiques.

6. Teneurs en eau des légumes-feuilles

Les teneurs en eau (Tableau 2) varient entre 73 et 90% de la matière fraîche (MF).

Tableau 2
Teneurs en eau dans la matière fraîche et en matières organiques (g/100 g de MS) des légumes-feuilles étudiés

Noms des légumes	Teneurs en eau	Protéines	Lipides	Sucres réducteurs	Sucres totaux
<i>T. triangulare</i>	90,20 ± 0,34 ^{b*}	19,37 ± 0,01 ^e	6,33 ± 0,00 ^b	42,12 ± 0,00 ^{abc}	49,26 ± 0,01 ^b
<i>M. charantia</i>	84,47 ± 0,27 ^e	22,62 ± 0,03 ^d	7,01 ± 0,02 ^a	42,21 ± 0,01 ^{ab}	45,90 ± 0,00 ^c
<i>M. oleifera</i>	73,20 ± 0,02 ^f	23,93 ± 0,03 ^c	5,17 ± 0,01 ^c	39,16 ± 0,01 ^c	49,52 ± 0,00 ^b
<i>H. cannabinus</i>	85,48 ± 0,45 ^d	19,59 ± 0,02 ^e	4,19 ± 0,01 ^d	34,82 ± 0,00 ^e	48,45 ± 0,00 ^b
<i>C. sesamoïdes</i>	85,39 ± 0,45 ^d	25,25 ± 0,01 ^b	1,38 ± 0,01 ^g	36,82 ± 0,00 ^{de}	43,96 ± 0,00 ^d
<i>C. olithorus</i>	84,30 ± 0,01 ^e	20,40 ± 0,01 ^e	1,60 ± 0,00 ^f	39,76 ± 0,00 ^{bc}	43,35 ± 0,00 ^d
<i>V. unguiculata</i>	90,85 ± 0,06 ^a	26,48 ± 0,01 ^a	2,54 ± 0,00 ^e	43,59 ± 0,00 ^a	49,31 ± 0,00 ^b
<i>H. sabdariffa</i>	87,63 ± 0,00 ^c	18,39 ± 0,02 ^f	2,54 ± 0,00 ^e	37,26 ± 0,00 ^{de}	50,16 ± 0,01 ^a

*Les chiffres en colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Le test de Duncan fait ressortir que ces valeurs sont différentes d'un légume à l'autre sauf pour *C. olithorus*, *M. charantia*, *H. cannabinus* et *C. sesamoïdes* qui ont des teneurs identiques. Le Gallic *et al.*, (11) mentionnent des teneurs en eau de 85% MF pour *V. unguiculata* et *H. sabdariffa*. Dans le même sens, Ngo Som et Abondo (15) trouvent une valeur de 84,1% MF pour *C. olithorus* et 89,2% MF pour *H. sabdariffa*. Les données obtenues pour ces espèces sont proches de celles mentionnées par ces auteurs. Les deux Hibiscus ont des teneurs en eau différentes bien qu'appartenant à la même famille.

7. Teneurs en protéines, lipides et glucides

L'analyse des résultats des protéines brutes (Tableau 2) au seuil de 5% montre qu'il y a une différence significative entre les échantillons d'après le test de Duncan. Les feuilles de *V. unguiculata* avec 26,48 ± 0,01% matière sèche (MS) constituent la plus importante source de protéines et cette valeur est proche de l'intervalle 28-34% signalée par Adu-Dupaah (2) pour cette espèce. *H. sabdariffa* (18,39 ± 0,02% MS) a la plus faible teneur. Les légumes-feuilles étudiés sont des sources non négligeables de protéines.

Les teneurs en lipides varient d'une espèce de légume-feuille à l'autre et se situent entre 1,38% MS (*C. sesamoïdes*) et 7,01% MS (*M. charantia*). La

valeur trouvée pour *V. unguiculata* (2,54 ± 0,00% MS) se rapproche de celle de 3,2% signalée par Le Gallic *et al.*, (11). La teneur en lipides de *C. olithorus* (1,60% MS) est par contre un peu élevée par rapport aux indications de Ngo Som et Abondo (1,1%) (15).

Pour les sucres, l'analyse de variance révèle une différence significative entre les échantillons. Les teneurs en sucres réducteurs sont très proches les unes des autres. En ce qui concerne les sucres totaux, la valeur la plus élevée (50,16 ± 0,01% MS) est observée chez *H. sabdariffa* et la plus petite chez *C. olithorus* et chez *C. sesamoïdes* (43%). Ainsi, les légumes étudiés peuvent être considérés comme source des glucides bien qu'ils en contiennent moins que les céréales.

8. Teneurs en vitamine C, en caroténoïdes et en chlorophylles

Le test de comparaison multiple de Duncan (Tableau 3) a permis de noter que pour la vitamine C, *V. unguiculata* (4,92 ± 0,77% MS) et *T. triangulare* (4,59 ± 0,72% MS) ont les teneurs les plus élevées et sont identiques. Les deux *Hibiscus*, *H. cannabinus* (1,38 ± 0,03% MS) et *H. sabdariffa* (1,82 ± 0,29% MS) sont comparables avec *M. oleifera* (1,68 ± 0,26% MS) et *C. olithorus* (1,91 ± 0,9% MS). Les travaux de Ngo Som et Abondo (15) indiquent 1,71% MS de vitamine C pour *C. olithorus*.

Tableau 3
Teneurs en vitamine C, en caroténoïdes et en chlorophylles des légumes-feuilles étudiés (g/100 g de MS)

Noms des légumes	Vitamine C	Caroténoïdes	Chlorophylles totales
<i>T. triangulare</i>	4,59 ± 0,72 ^{a*}	0,13 ± 0,02 ^a	317,10 ± 0,71 ^a
<i>M. charantia</i>	2,26 ± 0,72 ^b	0,11 ± 0,00 ^b	193,79 ± 0,03 ^d
<i>M. oleifera</i>	1,68 ± 0,26 ^d	0,06 ± 0,01 ^e	199,44 ± 0,06 ^c
<i>H. cannabinus</i>	1,38 ± 0,03 ^d	0,06 ± 0,00 ^e	199,70 ± 0,42 ^c
<i>C. sesamoïdes</i>	2,40 ± 0,48 ^b	0,09 ± 0,01 ^c	196,91 ± 0,21 ^{cd}
<i>C. olithorus</i>	1,91 ± 0,90 ^{cd}	0,06 ± 0,20 ^e	175,66 ± 0,23 ^f
<i>V. unguiculata</i>	4,92 ± 0,77 ^a	0,08 ± 0,01 ^d	174,49 ± 0,04 ^f
<i>H. sabdariffa</i>	1,82 ± 0,29 ^{cd}	0,06 ± 0,03 ^e	295,29 ± 0,11 ^b

*Les chiffres en colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Les caroténoïdes (Tableau 3) sont plus importantes chez *T. triangulare* (0,13% MS) et plus faible chez *M. oleifera* (0,06% MS).

Au regard du tableau 3, *T. triangulare* ($317,10 \pm 0,71$ mg/100g MS) a le taux en chlorophylles totales le plus élevé alors que *V. unguiculata* ($174,49 \pm 0,04$ mg/100g MS) a la plus faible valeur. Les légumes à faible teneur en magnésium (Tableau 5) le sont aussi en chlorophylles totales. Ce rapprochement s'explique par le fait que le magnésium entre dans la constitution des chlorophylles chez les plantes vertes. En effet, les taux de Mg sont corrélés à ceux de la chlorophylle avec un coefficient $r = 0,84$.

9. Teneurs en substances antinutritionnelles

Le tableau 4 montre que les valeurs limites en oxalates totaux des échantillons sont de $1,84 \pm 0,12$ g/100g MS pour *H. sabdariffa* et $0,48 \pm 0,12$ g/100g MS pour *V. unguiculata*. Sachant que l'acide oxalique est un antagoniste de l'utilisation du calcium, les rapports

oxalates totaux/calcium trouvés inférieurs à 2,25 font remarquer que la quantité d'oxalate des légumes étudiés n'aura pas d'effets significatifs dans l'organisme. Ce dernier peut tolérer une quantité d'oxalate dans l'intervalle allant de 200 à 500 mg (10, 14). Les composés phénoliques totaux dans les légumes-feuilles sont inégalement répartis ($P \leq 0,05$) avec des valeurs allant de $0,13 \pm 0,01\%$ MS (*V. unguiculata*) à $0,97 \pm 0,09\%$ MS (*C. olithorus*). Le tableau 4 montre également que les légumes ont des teneurs en fibres importantes dont les valeurs limites sont: $10,63 \pm 0,18\%$ MS pour *M. charantia* et $15,40 \pm 0,13\%$ MS pour *H. sabdariffa*). Ces résultats justifient l'importance des fibres des légumes dans le processus de transit intestinal.

10. Les cendres et les minéraux

Les résultats du tableau 5 indiquent que *T. triangulare* est l'espèce qui a un pourcentage plus élevé en cendres ($14,20 \pm 0,58\%$ MS). La valeur pour les autres légumes se situe entre 8 et 13%.

Tableau 4
Teneurs en éléments antinutritifs des légumes-feuilles étudiés (g/100 g de MS)

Noms des légumes	Oxalates totaux	Oxalates solubles	Rapport oxalates/ Calcium	Composés phénoliques totaux	Fibres brutes totales
<i>T. triangulare</i>	$0,63 \pm 0,16^{e*}$	$0,34 \pm 0,08^d$	0,30	$0,23 \pm 0,12^e$	$12,14 \pm 0,12^e$
<i>M. charantia</i>	$1,04 \pm 0,08^d$	$0,52 \pm 0,12^c$	1,05	$0,49 \pm 0,15^d$	$10,63 \pm 0,18^g$
<i>M. oleifera</i>	$0,63 \pm 0,04^e$	$0,32 \pm 0,06^d$	0,50	$0,67 \pm 0,11^c$	$12,03 \pm 0,39^{ef}$
<i>H. cannabinus</i>	$1,33 \pm 0,08^b$	$0,64 \pm 0,12^b$	1,06	$0,47 \pm 0,15^d$	$15,00 \pm 0,73^b$
<i>C. sesamoïdes</i>	$1,31 \pm 0,16^b$	$0,60 \pm 0,12^b$	1,98	$0,80 \pm 0,01^b$	$12,96 \pm 0,26^c$
<i>C. olithorus</i>	$1,20 \pm 0,00^c$	$0,49 \pm 0,04^c$	1,55	$0,97 \pm 0,09^a$	$12,57 \pm 0,25^d$
<i>V. unguiculata</i>	$0,48 \pm 0,12^f$	$0,30 \pm 0,06^d$	0,58	$0,13 \pm 0,15^f$	$11,76 \pm 0,60^f$
<i>H. sabdariffa</i>	$1,84 \pm 0,12^a$	$0,79 \pm 0,06^a$	1,18	$0,78 \pm 0,16^c$	$15,40 \pm 0,13^a$

*Les chiffres en colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

Tableau 5
Teneurs en cendres, en calcium, en magnésium, en phosphore exprimée en g/100 g de MS et en fer (mg/100 g de MS) des légumes étudiés

Noms des légumes	Cendres	Calcium	Magnésium	Fer	Phosphore
<i>T. triangulare</i>	$14,20 \pm 0,58^{a*}$	$1,84 \pm 0,05^a$	$2,61 \pm 0,18^a$	$8,64 \pm 0,40^b$	$0,35 \pm 0,00^e$
<i>M. charantia</i>	$12,82 \pm 0,29^b$	$1,17 \pm 0,06^d$	$2,20 \pm 0,15^b$	$10,13 \pm 0,36^a$	$0,48 \pm 0,00^c$
<i>M. oleifera</i>	$8,09 \pm 0,35^g$	$1,27 \pm 0,04^c$	$1,91 \pm 0,04^{cd}$	$3,81 \pm 0,12^g$	$0,36 \pm 0,00^e$
<i>H. cannabinus</i>	$8,83 \pm 0,13^f$	$1,59 \pm 0,09^b$	$1,99 \pm 0,22^c$	$4,24 \pm 0,50^f$	$0,53 \pm 0,00^b$
<i>C. sesamoïdes</i>	$9,11 \pm 0,23^e$	$0,66 \pm 0,01^g$	$1,77 \pm 0,23^d$	$4,91 \pm 0,00^e$	$0,44 \pm 0,01^d$
<i>C. olithorus</i>	$8,91 \pm 0,13^{ef}$	$0,78 \pm 0,05^f$	$1,46 \pm 0,46^e$	$6,05 \pm 0,51^d$	$0,47 \pm 0,00^c$
<i>V. unguiculata</i>	$10,42 \pm 0,29^d$	$0,83 \pm 0,12^e$	$1,11 \pm 0,21^f$	$7,80 \pm 0,15^c$	$0,47 \pm 0,00^c$
<i>H. sabdariffa</i>	$11,86 \pm 0,20^c$	$1,56 \pm 0,07^b$	$2,51 \pm 0,24^a$	$8,27 \pm 1,01^b$	$0,65 \pm 0,00^a$

*Les chiffres en colonne ayant les mêmes lettres en exposant ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

Les Malvacées (*H. cannabinus* et *H. sabdariffa*) ont des teneurs identiques en calcium (1,56%). *C. sesamoïdes* en possède moins (0,66%). Les valeurs en magnésium les plus faibles sont observées chez *C. olithorus* (1,46 ± 0,46% MS) et *V. unguiculata* (1,11 ± 0,29% MS). Smith et al., (18) trouvent des teneurs en magnésium de certains légumes inférieures à nos valeurs. Il s'agit de: *H. sabdariffa*, *C. olithorus*, *C. sesamoïdes* et *V. unguiculata* qui ont respectivement: 125,9 mg/100g MS, 186 mg/100g MS, 245 mg/100g MS et 184 mg/100g MS. La teneur en fer des différentes espèces végétales étudiées varie entre 3,81 ± 0,12 mg/100g MS (*M. oleifera*) et 10,13 ± 0,36 mg/100g MS (*M. charantia*) (Tableau 5). Pour Oluymisi (16), les valeurs trouvées pour *C. olithorus* et *T. triangulare* sont respectivement 4,05 ± 1,1 mg/100g MS et 4,75 ± 1,0 mg/100g MS pour des échantillons du Nigeria. Celles-ci sont légèrement inférieures aux nôtres (6,05 ± 0,51 mg/100g MS (*C. olithorus*) et 8,64 ± 0,40 mg/100g MS (*T. triangulare*). D'après le test de Duncan, pour le genre *Hibiscus*, l'espèce *sabdariffa* contient 0,65 ± 0,00% MS de phosphore contre 0,53 ± 0,00% MS pour *can-*

nabinus. *T. triangulare* (0,35 ± 0,00% MS) a la plus faible valeur en phosphore.

Conclusion

Les résultats des enquêtes ont montré l'importance des légumes-feuilles dans l'alimentation de la population de la savane. La part prise par ces légumes-feuilles dans les régimes alimentaires est telle qu'en fait leur fréquence de consommation peut être importante pour l'équilibre protéino-énergétique de la ration. L'exemple des huit espèces analysées montre l'importance de la fraction protéique entre 18 et 26% confirmant l'affirmation pour laquelle des populations de l'Adamaoua se situent à un niveau assez satisfaisant tant pour le taux protéique global que pour la qualité des protéines. La proportion des fibres, plus de 10% justifie leur importance dans le transit intestinal. Ces légumes sont aussi des sources de minéraux avec des taux de cendres compris entre 8 et 14%. L'exemple de cette étude est suffisant pour intégrer certains légumes sauvages ou mi-sauvages dans des vrais systèmes agraires.

Références bibliographiques

1. Abeza R.H., Blake J.J. & Fisher E.J., 1968, Oxalate determination. Analytical problems encountered with certain plant species. J. Assoc. Off. Agri. Chem. 51, 963.
2. Adu - Dupaah H.K., 1999, Les feuilles de niébé se mangent aussi. Spore CTA, Wageningen, France n° 78 p. 8.
3. AFNOR (Association Française de Normalisation), 1982, Recueil des normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes. Jus de fruits. Première édition. Paris de la Défense. 327 p.
4. Aïssatou K., 1997, Données ethno-nutritionnelles sur l'utilisation et la consommation des légumes dans la localité de Bini-Dang (Ngaoundéré), Rapport de Licence de Sciences: Option Biologie Appliquée. Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, 35 p.
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990, 15th edition, K. Helrich (Ed). Arlington, Virginia 22201, USA.
6. Bressani J., Schweizer H., Gall J. & Lar D.Y.M., 1980, Encyclopédie Universalis, Volume 9, France S.A. 1104 p.
7. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Roben F.A. & Smith F., 1956, Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28, 350-356.
8. Dupriez H. & De Leener P., 1987, Jardins et vergers d'Afrique. Collection Terre et Vie. Edition l'Harmattan. Apica, ENDA, CTA 354 p.
9. Evered D.F., 1960, Determination of ascorbic acid in highly coloured solutions with N-bromosuccinimide. J. Analyst. 85, 515-517.
10. Gontzea I., Fernando R. & Sutzesco V.F.P., 1968, Substances anti-nutritives naturelles des aliments. Vigot Frères, Editeur, Paris, France. 166 p.
11. Le Gallic P., Radoin L., Dupuis Y. & Bernardin A., 1982, Table de composition des aliments. Institut scientifique d'hygiène alimentaire. L.T. Edition Jacques Lannoires. Technique et Documentation, Paris, France. 116 p.
12. Marigo G., 1973, Méthode de fractionnement et d'estimation des composés phénoliques chez les végétaux, Analysis, 2 (2),106-110.
13. Mois K.W., 1953, Determination of oxalic acid in plants. Qd. J. Agri. Sci. 10, 1.
14. Munro A. & Bassir O., 1969, Oxalates in nigerian vegetables. W. African J. Bio. Appl. Chem. 12, 14-18.
15. Ngo Som J. & Abondo A., 1989, Les ressources alimentaires du Cameroun: répartition écologique, classification et valeur nutritive. Cahier de l'Institut de recherche Médicale et d'études des Plantes Médicales (IMPM). Yaoundé, Cameroun 77 p.
16. Oluymisi L.D.G., 1990, Effect of processing on iron levels in and availability from some nigerian vegetables. J. Sci. Food Agric. 53, 355-361.
17. Peter K.V. & Devadas V.S., 1989, Leafy vegetables. Indian-horticulture 33/34 (4/1), 8-11.
18. Smith G.C., Clegg M.S., Keen C.L. & Grivetti L.E., 1996, Mineral values of selected plant foods common to southern Burkina Faso and to Niamey, Niger, West Africa. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 46, 41-53.
19. Stevels J.M.C., 1990, Légumes traditionnels du Cameroun, une étude agrobotanique. Wageningen Agricultural University papers, 90-1, 262 p.
20. Tchiégang C. & Bourelly J., 1980, Analyses chromatographiques des composés phénoliques d'amandes de graines de cotonniers (*Gossypium hirsutum* L. et *G. barbadense* L). Cot. Fib. Trop. 45 (1), 27-30.
21. Trigan J., 1991, Probabilités statistiques et leurs applications. Editions Bréal Rosny Cedex. Paris, France, 204 p.
22. Wolff J.P., 1968, Manuel d'analyse des corps gras. Azoulay, éditeur, Paris. 519 p.

C. Tchiégang, Camerounais, Doctorat nouveau régime et HDR (Habilitation à Diriger les Recherches) en Sciences Alimentaires et Nutrition Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Enseignant-Chercheur, Département des Sciences Alimentaires et de Nutrition, B.P. 455 Ngaoundéré – Cameroun. Fax (237) 225 27 5, E.mail: clerge.tchiegang@caramail.com, Personne pour toute correspondance.

Kitikil Aïssatou, Camerounaise, Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences Alimentaires et Nutrition, Etudiante en Doctorat, Département des Sciences Alimentaires-Nutrition, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré (Cameroun). BP 455 Ngaoundéré/Cameroun.

Contraintes contingentes à l'adoption d'une technologie. Evaluation contingente des contraintes à la fertilisation des sols par le système maïs-mucuna-engrais minéraux au sud du Togo

V. Deffo^{1*}, Sylvie M. Hounzangbé-Adoté², R. Maliki³, H.H.M. Ould Ferroukh⁴ & E. Torquebiau⁵

Keywords: Fertilisation- Maize-Mucuna-Fertiliser System- Typology- Constraint degree of severity- Contingent ranking

Résumé

Afin d'évaluer les possibilités d'adoption du Système Maïs-Mucuna-Engrais minéraux (SMME) pour la fertilisation des sols au sud du Togo, 52 exploitations réparties dans trois villages représentatifs de cette région ont été analysées et classées, en trois types, en fonction de leur potentiel d'adoption de l'innovation. Le type A, caractérisé par des chefs d'exploitation majoritairement propriétaires terriens; le type B, correspondant aux chefs d'exploitation jeunes, lettrés et en majorité locataires terriens; et le type C, correspondant aux chefs d'exploitation âgés, ayant une faible appropriation des terres. Des enquêtes participatives, basées sur le classement contingent des contraintes, réalisées auprès de groupes d'exploitants homogènes choisis selon les types d'exploitation, ont permis ensuite de dégager les principales contraintes à l'adoption du SMME. Ces contraintes, de degré de sévérité élevé ($\geq 45\%$), sont par ordre d'importance: le manque de crédit/argent, le problème foncier (manque de terre et insécurité foncière), la suppression des associations de cultures et la non disponibilité des semences de mucuna. Pour les exploitants de type A, le problème de semences de mucuna et le manque d'argent pour l'achat des intrants ont présenté chacun un degré de sévérité de 100%. Pour ceux de type B et C, c'est le problème foncier qui revêt une grande importance: il a présenté un degré de sévérité de 100% pour les exploitants de type B et 80% pour ceux de type C.

Summary

Contingent Constraints to a Technology Adoption. Constraints Contingent Evaluation to Soils Fertilization Using Maize-Mucuna -Mineral Fertilizer System in the Southern Part of Togo

In order to evaluate the adoption possibility of Maize-Mucuna-Fertiliser (mineral) System (MMFS), for soil fertilisation in the southern part of Togo, 52 farms from three representative villages of the region were analysed and classified into three types according to their adoption potential for the innovation: type A characterised by heads of farm being in majority land owners; type B whose head of farm are young, literate and in majority land tenants; and type C whose heads are old mainly land tenants. Participatory surveys, based on contingent ranking of the constraints, conducted with homogenous groups of farmers chosen according to three types of farm, helped to sort out the major constraints to the adoption of MMFS. These constraints, having a high degree of severity ($\geq 45\%$), were in order of importance: the lack of money/loan, the land problem (lack of arable lands and insecurity on rented ones), the suppression of mixed cropping by the MMFS and the non availability of mucuna seed. For the farmers of type A, the non availability of mucuna seed and the lack of money/loan presented a degree of severity of 100% each. For those of type B and C, the land problem was the most important: it presented a degree of severity of 100% for the farmers of type B and 80% for those of type C.

Introduction

La région du sud Togo est confrontée à un problème d'épuisement des sols et de baisse des rendements agricoles. Les sols de cette région, généralement appelés «terres de barre», présentent dans leur partie supérieure une texture sableuse (6) et un appauvrissement en argile qui réduit leur capacité de stockage

en eau et en éléments minéraux. Ceci est la conséquence de la combinaison de facteurs tels que la forte pression démographique sur la terre (7), la surexploitation des sols, la diminution de la durée de jachère, l'utilisation très limitée des engrais ainsi que l'insécurité foncière. Pour résoudre ce problème, le Centre

¹IRAD-Wakwa, B.P. 65 Ngaoundéré, Cameroun; E-mail: novadiffusion@cameroun-online.com.

²DPA/FSA/UNB, 01 B.P. 526 Cotonou, Bénin.

³UNIHO/IITA, 08 B.P. 0932 Cotonou, Bénin.

⁴INRA, B.P. 16050 Alger, Algérie.

⁵Cirad, Montpellier, France; E-mail: torquebiau@cirad.fr.

*A qui les correspondances doivent être adressées.

Reçu le 18.11.02. et accepté pour publication le 23.09.03.

International pour la Gestion de la Fertilité des Sols (IFDC) propose d'intensifier la culture du maïs (culture principale de la région) en lui associant une culture d'engrais vert (*Mucuna*) et une application d'engrais minéraux.

Cette pratique a pour but l'augmentation de la fertilité des sols par l'amélioration de l'efficacité et de la rentabilité des engrais minéraux grâce à l'amélioration du statut organique du sol obtenu par la culture d'une légumineuse. Cette technologie permettrait une augmentation du rendement de maïs de 1 t.ha⁻¹ à 3 t.ha⁻¹ (2). L'application du SMME suppose, entre autres, l'abandon de la culture de la petite saison de pluies et de l'association d'autres cultures avec le maïs. Bien que cette technologie semble techniquement et économiquement pertinente (1), elle ne peut être appliquée sans d'élémentaires précautions.

L'objectif de cette étude est d'identifier et évaluer les contraintes potentielles qui pourraient entraver l'adoption du SMME dans la région du sud Togo, et d'évaluer le potentiel d'adoption de cette technologie par rapport aux contraintes relevées.

Matériel et méthodes

Les investigations ont été menées par une équipe interdisciplinaire de chercheurs, composée d'un agro-économiste, d'un agro-écologue, d'un pédologue et d'un zootechnicien.

Choix de la zone d'étude et des villages représentatifs

La zone d'étude est située au sud-est de la région maritime, dans les préfectures des Lacs et de Vo. Les sols de cette zone sont dégradés et constituent 75% des terres de barre (3, 8). Ce sont des ferralsols à forte perméabilité et faible ruissellement dont la fraction kaolinique fait suite à un horizon supérieur sableux. Leur capacité de stockage en eau et éléments minéraux est faible et les plantes y résistent mal à la sécheresse. Le régime pluviométrique est bimodal avec une grande saison des pluies (300-600 mm) entre mars et juillet et une petite saison (150-300 mm), plus irrégulière, entre septembre et novembre. Dans ce climat subéquatorial maritime, la température moyenne annuelle est de 26 à 27 °C.

Après réalisation d'une enquête préalable portant sur certains paramètres du développement rural de la zone, trois villages (Blama-kondji, Masséda et Zooti) représentatifs de la zone d'étude ont été choisis en considérant leur situation au point de vue: (i) disponibilité et organisation du crédit, (ii) accès à la vulgarisation et au système de livraison d'intrants et (iii) présence d'organisations paysannes et d'appui. Blama-kondji (Lacs, Attitogon) est encadré par le Projet d'Organisation et de Développement Villageois (PODV); Masséda (Lacs, Attitogon) est encadré par l'Association des Communautés Villageoises Responsables (ACVR) et des organisations non gouverne-

mentales; Zooti (Vo, Amégnran) est un village non encadré. Quatre autres villages (Elavagnon, Agrnropé, Afowimé et Dagbati), sélectionnés au hasard mais de façon dispersée dans la zone d'étude, ont été choisis pour tester et vérifier les résultats obtenus dans les trois villages principaux.

Typologie des exploitations agricoles et évaluation des contraintes et du potentiel d'adoption du SMME

Afin de faciliter l'évaluation des contraintes, des enquêtes préalables avec 52 exploitants, choisis de façon raisonnée dans les villages principaux, ont permis d'obtenir une typologie des exploitations agricoles. Le mode d'établissement de cette typologie comprenait trois étapes: (i) l'élaboration d'un questionnaire permettant de recueillir des informations sur: les caractéristiques des exploitations et des exploitants, le niveau de connaissance et d'utilisation du SMME, et l'aptitude à l'innovation; (ii) le choix des exploitants/exploitations à enquêter et la réalisation de l'enquête: il s'est fait de façon raisonnée afin de tenir compte des différentes composantes sociales (hommes, femmes, jeunes, âgés, propriétaires terriens, locataires, etc.) pouvant affecter l'adoption de l'innovation; (iii) l'analyse des exploitations à travers les questionnaires et leur classement en types. Après cette typologie, les Méthodes Actives de Recherche Participative (MARF) ont été utilisées pour amener les groupes d'exploitants (8 personnes en moyenne par groupe) homogènes sélectionnés selon les types d'exploitation à énumérer et à classer par ordre d'importance leurs contraintes à l'adoption du SMME.

La visualisation par l'approche MARF (dessins, schémas, discussions proposés aux agriculteurs) du SMME et de ses quatre variantes: le SMM (Système Maïs-Mucuna), le SMMCCE (Système Maïs-Mucuna à Cycle Court-Engrais), le SMMCC (Système Maïs-Mucuna à Cycle Court), et le SME (Système Maïs-Engrais) montrent leur effet potentiel sur le rendement du maïs et les caractéristiques majeures des options. Dans le cas du SMME, le mucuna (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) est semé entre les lignes de maïs (empêchant ainsi toute autre association de cultures) en mai, 40 jours après le maïs. Ce dernier est récolté en août, tandis que le mucuna atteint son développement végétatif maximal en octobre (empêchant ainsi la 2^e culture de maïs) et sèche en décembre/janvier. Il est alors enfoui avec les résidus de récolte pour le semis de maïs en avril de l'année suivante et le cycle recommence. Cette pratique est associée à un apport d'engrais selon les doses prescrites pour la zone (urée à 46%: 100 kg.ha⁻¹ deux semaines après semis du maïs et 100 kg.ha⁻¹ au stade montaison; triple superphosphate à 48%: 200 kg.ha⁻¹ au semis; KCl à 60%: 100 kg.ha⁻¹ fractionnés en deux moitiés au semis et à la montaison) (1). Dans la variante SMM, on a supprimé les engrais, anticipant une diminution

de l'effet fertilisant et donc du rendement de maïs, mais une exigence réduite en intrants et en main-d'œuvre (46 hommes-jour de moins par an) (4). Dans la variante SMMCCE, le mucuna utilisé (*Mucuna pruriens* var. *radaja*) arrive à maturité juste après le maïs et est aussitôt enfoui, permettant une culture de maïs de petite saison; l'application d'engrais permet d'envisager de forts rendements (jusqu'à 4 t.ha⁻¹), mais les besoins en intrants et main-d'œuvre sont très élevés (30 hommes-jour de plus par an) (4). La variante SMMCC supprime les engrais. Enfin dans la variante SME, on propose une culture de maïs sans mucuna et un apport massif d'engrais à chaque saison de culture; les rendements sont faibles (environ 1 t.ha⁻¹) à cause de l'état avancé de la dégradation des sols entraînant une faible efficacité des engrais.

Bien que le SMME ait été déjà pratiqué sur des parcelles de démonstration dans quelques villages de la zone d'étude (Blama-Kondji, Masséda, etc.), il n'était pas évident que ce paquet technologique ainsi que certains de ses variantes soient connus de tous les paysans. L'approche MARP, présentant et expliquant chaque option, permet de lever cette contrainte et amène les paysans à mieux comprendre les options et d'engager un débat entre eux et avec les chercheurs avant de donner leur point de vue (énumération et évaluation des contraintes). Des matrices de classement contingent («contingent ranking») des contraintes, tracées sur le sol par chaque groupe d'exploitants ou d'acteurs, permettent d'évaluer les contraintes en attribuant à chacune un score visuel (ex: cailloux, graines sur le sol) commenté et accepté par tous les membres d'un groupe: plus le nombre de cailloux est élevé, plus l'option a de l'importance pour le groupe.

L'importance relative (IR) d'une contrainte ou d'une option donnée est le nombre de points que les exploitants donnent à cette contrainte ou cette option en la comparant à d'autres. L'échelle de notation est pré-établie par les exploitants guidés par les chercheurs.

Le degré de sévérité (DS) d'une contrainte, exprimé en pourcentage, est le rapport entre le nombre de points (IR) que les exploitants donnent à une contrainte et la note maximale indiquée sur l'échelle de notation. Une contrainte de degré de sévérité de 100% correspond à celle ayant été ressentie comme la plus importante par tous les exploitants du groupe concerné.

Le degré de préférence (DP) d'un paquet technologique, exprimé en pourcentage, est le rapport entre le nombre de points (IR) que les exploitants donnent à ce paquet et la note maximale dans l'échelle de notation. Les valeurs ainsi définies pour analyser les différentes matrices construites par les groupes de paysans ont permis d'évaluer les contraintes inventoriées par ces derniers et de sélectionner celles les plus susceptibles d'entraver l'adoption du SMME. Ces valeurs ne sont délibérément pas le résultat d'analyses statis-

tiques conventionnelles, mais des tendances représentatives de la perception que les villageois ont des options proposées.

Le potentiel d'adoption du SMME a été évalué par les différents groupes qui, utilisant les matrices de classement contingent des options, ont classé le SMME par rapport à ses variantes. Ce classement a permis de déceler les groupes ou les types d'exploitations susceptibles d'adopter le SMME.

Résultats et discussions

Typologie des exploitations

Trois grands types d'exploitations se dégagent en fonction des capacités à innover et du potentiel d'adoption de l'innovation «Mucuna». Un premier type (A) est constitué de chefs d'exploitation membres d'un groupement villageois, majoritairement propriétaires de plus de 2,2 ha avec une très grande taille de ménage (14 personnes) et ayant déjà testé le mucuna. Ils sont à 50% lettrés (niveau école primaire) et d'âge moyen 42 à 52 ans. Il s'agit du type à potentiel d'adoption élevé. Pour un deuxième type (B) correspondant à un potentiel d'adoption moyen, les chefs d'exploitation sont lettrés (niveau école primaire et secondaire), plus jeunes (24-42 ans), avec une taille de ménage plus petite (7 personnes); ils cultivent 1,5 ha dont ils sont rarement propriétaires et désirent faire partie d'une organisation paysanne agricole (OPA). Enfin, dans le troisième type (C), les exploitants sont âgés (> 44 ans), leur ménage est de grande taille de ménage (10 personnes), ils sont analphabètes et cultivent 1,7 ha dont la plus grande partie est louée, et n'ont aucun souhait d'appartenance à une OPA; ils sont généralement agro-éleveurs (environ 25 têtes d'animaux par ménage). Leur potentiel d'adoption de l'innovation est faible.

Evaluation des contraintes potentielles à l'adoption du SMME

Le tableau 1 est un récapitulatif des 8 matrices de classement contingent des contraintes construites par les 8 groupes d'exploitants. Ce tableau donne dans ses colonnes 9 (IRT), 10 (DS) et 11 (CNG) le résultat global de l'évaluation: parmi les 17 contraintes inventoriées par les exploitants comme problèmes que causerait l'application du SMME, le manque d'argent (crédits) pour la location des terres et l'achat des intrants, le manque de terre/insécurité foncière, la suppression du manioc et autres associations de cultures avec le maïs, et la non disponibilité des semences de *Mucuna*, sont dans cet ordre, celles qui se sont révélées les plus importantes (degré de sévérité supérieur à 45%) (Tableau 1).

Tableau 1
Matrice d'évaluation contingente des contraintes à l'adoption du SMME

Contraintes potentielles à l'adoption du SMME	Groupe à forte AT		Groupe à faible AT		Groupe des lettrés		Groupe des illettrés		Femmes de l' OPA		Femmes non OPA		GV		Groupe mucuna		IRT	DS %	CNG
	IR	DS	IR	DS	IR	DS	IR	DS	IR	DS	IR	DS	IR	DS	IR	DS			
- Suppression petite saison					5	56			1	14	1	25	7	87			14	29	4 ^e
- Suppression manioc			2	29					3	43			8	100			13	27	6 ^e
- Manque de terres			6	86	9	100	4	80	7	100			4	50	4	67	43	69	2 ^e
- Manque d'argent (crédit)	4	100	7	100	7	78	3	60	6	80	3	75			6	100	36	73.5	1 ^{er}
- Suppression associations			1	14	5	56			2	29			6	75			14	29	4 ^e
- Manque (non disp.) de semences de <i>Mucuna</i>	4	100	4	57	4	44			5	71	4	100	1	20			22	45	3 ^e
- Manque de semences améliorées de maïs					6	67							3	37			9	18	8 ^e
- Problème stockage maïs amélioré			3	43	3	33	2	40	4	57							12	24.5	7 ^e
- Manque d'engrais			5	71									2	25			7	14	9 ^e
- Manque de magasin de stockage de maïs	1	25			2	22					2	50					5	10	10 ^e
- Problème de commercialisation maïs	3	75			1	11											4	8	12 ^e
- Formation des illettrés à l'utilisation du paquet MME et autres							1	20									1	2	17 ^e
- Irrégularité des pluies							5	100									5	10	10 ^{ex}
- Problèmes de débouchés pour graines de <i>Mucuna</i>															3	50	3	6	13 ^e
- Problèmes de non commercialisation des graines de <i>Mucuna</i>															2	33	2		14 ^e
- Parasites de <i>Mucuna</i> en champ															2	33	2	4	14 ^e
- Irritation des poils des gousses de <i>Mucuna</i> lors de la récolte															2	33	2	4	14 ^e

AT= Appropriation des Terres

DS= Degré de sévérité

OPA= Organisation Paysanne Agricole

CNG= Classement Numérique Global

IR= Importance Relative

CN= Classement numérique

GV= Grenier villageois

IRT= Importance Relative Totale
(IRT_{max}= 49 points)

Comme on pouvait s'y attendre, les trois types d'exploitation présentent des niveaux de contraintes différents. Pour les exploitants de type A, la contrainte principale est le manque ou la non disponibilité des semences de *Mucuna* et d'argent pour l'achat des intrants (Tableau 1, groupe à forte AT).

Ils ont soulevé aussi les problèmes de commercialisation et de stockage du maïs. Pour les deux autres types d'exploitants, le problème foncier revêt une plus grande importance; il constitue la première contrainte pour les lettrés et la deuxième pour les non lettrés (Tableau 1, groupes à faible AT, lettrés, et illettrés). En effet, les exploitants de type C (illettrés et âgés) et ceux de type B (lettrés et jeunes) ont les surfaces cultivées plus faibles. Le groupe des lettrés est constitué en majorité de jeunes (24-42 ans), donc nés au moment où les terres sont devenues rares à cause de la forte pression démographique. Ils ne peuvent donc hériter que de petites parcelles de terre insuffisantes pour leur subsistance. Le manque de terre, lié au manque de moyen financier pour louer d'autres terres et acheter des intrants, a beaucoup d'influence sur l'adoption potentielle du SMME. Cette contrainte est particulièrement ressentie par les jeunes exploitants pour qui la seconde saison de culture et les associations de cultures constituent un moyen important pour minimiser l'insuffisance de surfaces cultivables.

Par contre, les exploitants illettrés, majoritairement du type C, sans négliger le problème foncier, ont évoqué l'irrégularité des pluies comme étant la contrainte la plus sévère (Tableau 1, groupe des illettrés). Selon eux, l'application du SMME demanderait beaucoup plus d'investissement (engrais, semences de maïs et de *Mucuna*, respect de densité de maïs, etc.) et augmenterait ainsi les risques avec l'irrégularité des pluies.

Les exploitants ayant déjà testé le SMME sur les parcelles de démonstration ont une perception différente des contraintes (Tableau 1, groupe *Mucuna*). En plus des deux contraintes principales habituelles que sont,

le manque de terre et des moyens financiers, trois autres contraintes non perçues par les autres exploitants sont mentionnées: le problème de la valorisation des graines de *Mucuna* (manque de débouchés et la non comestibilité), les parasites du *Mucuna* (attaques fongiques et d'insectes) et le problème des poils urticants des gousses du *Mucuna* qui irritent la peau lors de la récolte. Ce sont des contraintes issues d'expériences pratiques dont il faudrait tenir compte lors de la mise en œuvre du SMME.

Le test des résultats dans les quatre autres villages de l'étude n'a pas montré de différence significative: les contraintes de degré de sévérité supérieur à la moyenne sont restées les mêmes (le manque de terre, le problème de crédit et la suppression des associations de cultures).

Evaluation du SMME par les différents groupes/types d'exploitants

Après l'évaluation des contraintes potentielles à l'adoption du SMME, les paysans ont procédé à un classement par ordre de préférence des différentes variantes du SMME (Tableau 2).

Malgré les contraintes évoquées par les exploitants et leurs degrés de sévérité (de 29 à 74%), le SMME a été choisi comme celui susceptible d'apporter la solution la plus satisfaisante au problème de dégradation des sols (Tableau 2, Bilan, 1^e ligne). Le choix du SMME par les paysans et l'importance qu'ils lui accordent malgré les multiples contraintes liées à son adoption constitue une preuve de l'état de pauvreté des sols des préfectures des Lacs et Vo. Les deux dernières variantes, le SME et le SMMCC ont eu un degré de préférence inférieur à la moyenne. Selon les paysans, ces variantes doivent être moins efficaces pour l'amélioration de la fertilité des sols. Ces paquets auraient donc très peu de chance d'être adoptés comparativement aux trois autres.

Tableau 2
Evaluation contingente du SMME et de ses variantes par les exploitants

	Groupe à forte AT		Groupe à faible AT		Groupe des lettrés		Groupe des illettrés		Femmes de l'OPA		Femmes non OPA		Groupe <i>Mucuna</i>		Bilan		
	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IRT	DP %	OP
SMME	5	1 ^{er}	4	2 ^e	2	4 ^e	5	1 ^{er}	2	4 ^e			5	1 ^{er}	23	66	1 ^{er}
SMM	2	3 ^e	2	4 ^e	1	5 ^e	2	4 ^e	5	1 ^{er}	5	1 ^{er}	3	2 ^e	20	57	2 ^e
SMMCCE	0	4 ^e	5	1 ^{er}	5	1 ^{er}	4	2 ^e	3	3 ^e			2	3 ^e	19	54	3 ^e
SMMCC	0	4 ^e	1	5 ^e	4	2 ^e	1	5 ^e	4	2 ^e			2	3 ^e	12	34	5 ^e
SME	3	2 ^e	3	3 ^e	3	3 ^e	3	3 ^e	1	5 ^e			1	5 ^e	14	40	4 ^e

SMME: Système Maïs-*Mucuna*-Engrais

SMM: Système Maïs-*Mucuna* (à cycle long)

SME: Système Maïs + Engrais

AT: Appropriation des Terres

OPA: Organisation Paysanne Agricole

IR: Importance Relative

SMMCCE: Système Maïs-*Mucuna* Cycle Court-Engrais

SMMCC: Système Maïs-*Mucuna* Cycle Court

OP : Ordre de préférence

DP: Degré de Préférence par les exploitants

IRT: Importance Relative Totale (IRT_{max}= 28 points)

Le fait que le SMM constitue la deuxième préférence des paysans est dû surtout à la grande valeur qui lui est donnée par les femmes (Tableau 2, colonnes 6 et 7, 2^e ligne). Ces dernières ont en effet porté leur préférence sur les variantes du SMME n'exigeant pas l'utilisation des engrais. Leur premier choix a été le SMM malgré le fait qu'il supprime la petite saison et les associations de cultures; leur deuxième choix le SMMCC, malgré sa relativement faible performance. On pourrait donc penser que la principale contrainte des femmes pour l'adoption du SMME est le manque d'engrais lié au manque d'argent. Selon Honfoga et Tshibaka (5), il existe une corrélation positive entre les revenus non agricoles d'un ménage et la fertilité des champs de ce ménage, mais l'insécurité concernant les terres des jeunes femmes qui ne sont pas chefs de ménage (non propriétaires des terres) pourraient les amener à utiliser leurs revenus non agricoles à d'autres fins que la fertilité des sols. Ceci signifie que la principale contrainte chez les femmes serait plus l'insécurité foncière que le manque de terre et de crédit pour l'achat des engrais (Tableau 1), ce qui expliquerait mieux leur préférence. Le niveau de contrainte ne semble pas varier selon que les femmes appartiennent à une organisation paysanne ou non (Tableau 1, colonnes 5 et 6). Cette appartenance des femmes à un groupement villageois, n'est pas nécessairement pour elles un facteur suffisant pour adopter le SMME, surtout lorsque l'organisation concernée n'intègre pas dans ses activités la sécurisation des parcelles de ses membres féminins et un système de crédit intrants.

Les paysans à faible appropriation des terres (type B) ont finalement porté leur préférence sur la variante SMMCC. Selon ces paysans, ce paquet a l'avantage de ne pas supprimer la deuxième saison de cultures et réduit ainsi les risques du problème de manque de terre. Il donne un rendement par culture moins bon que le SMME, mais il semble plus sécurisant. Selon ces exploitants, malgré la relativement faible importance de ce paquet pour l'amélioration de la fertilité des sols, son application en première et en deuxième saison sans perte d'une campagne de maïs pourrait avoir le même résultat sur la fertilité des sols que le SMME. Pour ces jeunes lettrés, toute option préservant les associations et/ou la seconde saison de culture leur serait plus adaptée. Ils ont préféré le SMMCC et le SME au SMME (Tableau 2, 4^e colonne). Pour les exploitants du type A, en plus de la sécurité foncière dont ils disposent, la grande taille de leur ménage les prédisposerait mieux à adopter le SMME qui donne des rendements plus élevés, car la survie de leur grande famille en dépend. La même raison (grande taille de famille) expliquerait la préférence des exploitants du type C pour le SMME (Tableau 2, 5^e colonne) malgré leur faible capacité à innover.

Les exploitants ayant testé le SMME sur leur parcelle (groupe *Mucuna*), semblent être mieux avertis du rôle du *Mucuna* dans l'amélioration de la fertilité des sols. Ceci justifierait leur choix dont l'ordre de préférence semble privilégier l'importance du *Mucuna* dans le paquet (Tableau 2, 8^e colonne).

Le niveau d'éducation n'influence pas nécessairement l'adoption du SMME. Le facteur qui semble influencer le plus le niveau d'adoption potentielle du SMME chez les exploitants de type B est le manque de terre qui serait prépondérant par rapport au niveau d'éducation généralement favorable dans l'adoption des innovations.

Conclusion

Le classement des contraintes énumérées par tous les groupes montre que le manque d'argent et le problème foncier constituent les contraintes majeures. On peut retenir que les exploitations de type A, de par leurs caractéristiques, ont le potentiel d'adoption le plus élevé pour le SMME. L'organisation d'un système de crédit de campagne performant et accessible leur faciliterait l'approvisionnement en intrants et en main-d'œuvre salariée. Pour les exploitations de type B, la contrainte principale est le manque de terre. Un système performant de crédit pour la location des terres lié à un système de sécurisation foncière performant pourrait accroître leur potentiel d'adoption pour le SMME. Faute de cela, la mise sur pied d'un paquet technologique permettant les associations et /ou la seconde saison de cultures leur serait plus favorable.

Les exploitations de type C, bien que présentant des caractéristiques plus défavorables à l'adoption du SMME, pourraient, paradoxalement, mieux adopter ce paquet que les autres, à cause peut être de la taille élevée de leurs ménages. Une alternative associant l'élevage pourrait être la bienvenue pour ces exploitations dont le nombre moyen d'animaux par ménage est déjà important.

En confrontant les exigences de ce paquet technologique au point de vue des différentes composantes de la société paysanne, l'étude a permis de mettre en évidence les principaux déterminants du processus d'adoption du système. Il apparaît qu'il bénéficie de réelles chances d'adoption, mais celles-ci doivent être nuancées en fonction des types d'exploitations agricoles. Les déterminants principaux de l'adoption sont la disponibilité foncière et financière. Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, il semble judicieux de proposer aux paysans plusieurs alternatives d'amélioration de la fertilité ou une approche plus flexible du système permettant une application progressive du SMME dans un processus d'assolement et de rotation.

Références bibliographiques

1. Adote-Hounzangbé M.S., Deffo V., Maliki R. & Ould Ferroukh M.H., 1999, Options d'intensification durable des cultures vivrières au sud du Togo. ICRA, Montpellier, France. 133 p.
2. Azontondé A.H., Fellerd R., Ganry F. & Remy J.C., 1998, Le mucuna et la restauration des propriétés d'un sol ferrallitique au sud du Bénin. *Agri. et dév.* 18, 55-62.
3. Brabant P., Darracq S., Egué K. & Simonneaux V., 1996, Togo – Etat de dégradation des terres résultant des activités humaines. Notice explicative de la carte des indices de dégradation. ORSTOM, Coll. Notice explicative n°112, Paris, 57 p + 1 carte.
4. Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh M.H., Torquebiau E. & Van Reuler H., 2002, Options d'intensification durable des cultures vivrières au sud du Togo. *African Crop Science Journal*, Vol. 10 n° 3, pp. 239-249.
5. Honfaga B.G. & Tshibaka T.B., 1997, Gender sensitivity and role of women in soil fertility management. A case study in Togo. *Mimeogr.* 18 p.
6. Levêque A., 1978, Ressources en sols du Togo. Carte au 1/200000 des unités agronomiques déduites de la carte pédologique. Notice explicative n° 73, ORSTOM, Paris, 20 p + cartes.
7. PNUD-DTCD, (s.d.), Atlas du développement régional du Togo. Républ. Togo, 207 p.
8. Poss R., 1987, La dégradation des terres de barre du Togo: Mythe ou réalité. *Comm. 8^e Réunion du comité Ouest et Centre Afrique de corrélation des sols*, Yaoundé, 19-28 janv., 7 p.

V. Deffo, Camerounais, Ingénieur agro-économiste, DEA économie de l'environnement et des ressources naturelles, Chercheur à l'IRAD-Wakwa, B.P.65, Ngaoundéré, Cameroun.

E-mail: novadiffusion@cameroun-online.com. (A qui les correspondances doivent être adressées).

Sylvie M. Hounzangbé-Adoté, Béninoise, Doctorat, spécialité: production animale, Enseignante à l'Université de Bénin, DPA/FSA/UNB, 01 B.P. 526 Cotonou, Bénin.

R. Maliki, Béninois, Ingénieur agronome, Recherche Développement (R-D), INRAB, 08 B.P. 0932 Cotonou, Bénin.

H.H.M. Ould Ferroukh, Algérien, Magistère, Spécialité en pédologie, Directeur du laboratoire de Science du Sol, Chercheur à l'INRAA, Cité Jolie Vue, Bt. M1, Esc. 5, N°6, 16050 Kouba, Alger, Algérie.

E. Torquebiau, Français, Dr., Habilité à diriger des recherches, Chef de programme Espace et Ressource au CIRAD TERA, TA 60/15, 34398 Montpellier CX5, France.

Errata

Dans l'article intitulé «Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain. Cas de la commune de Limete-Kinshasa-R.D. Congo» de Messieurs E.Makumbelo, L. Lukoli, J.Sj.Paulus & N. Luyindula, vol. 20,2, 2002, p.89-95, les références bibliographiques 11, 12, 13, 14, 15, 16 ont été citées deux fois. Veuillez excuser cette erreur et lire les références 17, 18, 19, 20, 21, reprises ci-dessous:

17. Paulus J., Kabeya M., Mutuba N., Musibono E. & F. Mbemba, 1989, Rôle des jardins et élevages de parcelles dans l'alimentation urbaine. Le cas de Kinshasa. 4^{es} journées scientifiques internationales du GERM. SPA/Belgique, 22-29 avril. Karthala Paris, pp 45-49.
18. Pauwels L., 1982, Plantes vasculaires des environs de Kinshasa. Ed. Luc Pauwels, 14 av. J. Vandermissen 1040 Bruxelles, pp.1-3.
19. Pauwels L., 1993, N'Zayilu N'ti. Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa/Brazzaville. Ed. Jardin botanique national de Belgique. Meise Belgique, pp.3-16.
20. Saint Moulin de Léon Sj., 1971, Les anciens villages des environs de Kinshasa. Extrait d'études d'histoire africaine. Tome III. Université Louvain. Nouwelaerts, pp. 83-119.
21. The world commission on environment and development, 1987, Our common future. Oxford University Press, Oxford, p.234.

Effets de la substitution du tourteau de soja par l'urée sur les performances de croissance des agneaux de race locale tunisienne

M. Mahouachi¹, Naziha Atti², H. Rouissi³ & Maha Tissaoui¹

Keywords: Substitution- Soybean meal- Urea- Growth- Lambs

Résumé

Vingt et un agneaux de race Queue Fine de l'Ouest répartis en trois lots homogènes sur la base du poids vif, du sexe et du mode de naissance ont été utilisés pour étudier les effets de la substitution partielle (50%) ou totale (100%) du tourteau de soja par l'urée sur les performances de croissance des agneaux. Ainsi, 3 concentrés ont été utilisés: TS (100% tourteau de soja), TS+U (50% tourteau de soja + 50% urée) et U (100% urée). La substitution a été faite sur la base des matières azotées totales (MAT) pour avoir 3 concentrés iso-azotés (TS: 15,8%; TS+U: 15,9% et U: 16,3% MAT). La ration est composée de foin de prairie distribué à volonté et complété par 500 g/j de concentré.

Les résultats obtenus montrent que l'ingestion volontaire du foin (406 g MS/j) n'est pas affectée par la substitution pratiquée. Les performances de croissance sont faibles car elles sont en moyenne égales à $107 \pm 19,6$ g/j. Le remplacement du TS par l'urée ne diminue pas la croissance des agneaux. Au contraire, le lot TS+U montre une tendance à l'augmentation du niveau de production par rapport aux deux autres rations ($106 \pm 19,3$; $116 \pm 20,9$ et $99 \pm 17,8$ g/j pour les lots TS; TS+U et U respectivement). L'indice de consommation est en moyenne égale à $8,6 \pm 1,9$ kg d'aliment/kg de gain. Il tend à être plus faible avec le lot TS+U ($7,3 \pm 2,6$ contre $9,1 \pm 1,8$ et $9,4 \pm 1,4$ kg d'aliment/kg de gain respectivement pour les lots TS+U; TS et U respectivement). La charge alimentaire est plus faible avec le lot TS+U (1,6 dinars/kg de viande)⁴ qu'avec les deux autres lots (2,07 et 1,98 dinars/kg de viande pour les lots TS et U respectivement).

On peut conclure que l'urée, incorporée à raison de 2,2% dans le concentré, peut remplacer le tourteau de soja dans l'alimentation des agneaux sevrés de races locales sans que les performances de croissance ne soient affectées.

Summary

Effects of Substitution of Soybean Meal by Urea on Growth Performance of Tunisian Local Breed Lambs

Twenty-one lambs of Queue Fine de l'Ouest breed were used to study the effect of partial (50%) or total (100%) substitution of soybean meal by urea on growth performance of lambs. Thus, three concentrates were used: SM (control: 100% soybean meal), SM+U (50% Soybean meal + 50% urea) and U (100% urea). The substitution was made in the base of crude protein (CP) to have 3 iso-nitrogen concentrates (SM: 15.8%, SM+U: 15.9% and U: 16.3% CP). Animals were fed hay ad-libitum + 500 g/d of concentrate.

The results showed that voluntary intake of hay (406 g DM/d) wasn't affected by the substitution. Growth performances in average were low (107 ± 19.6 g/d). The substitution of SM by U didn't decrease the growth level of lambs. Moreover, association of SM and U tended to increase the growth level of lambs (106 ± 19.3 , 116 ± 20.9 and 99 ± 17.8 g/d for SM, SM+U and U respectively).

The consumption index equaled 8.6 ± 1.9 kg of feeds/kg of gain. It tended to be lower in SM+U diet than in the other ones (7.3 ± 2.6 , 9.1 ± 1.8 and 9.4 ± 1.4 kg of feeds/kg of gain for SM+U, SM and U respectively).

The cost of alimentation was lower in SM+U diet than in the two other ones (1.6; 2.07 and 1.98 dinars/kg of gain for SM+U, SM and U respectively).

It was concluded that urea, incorporated at 2.2% in concentrate, can substitute the soybean meal in diet of local lambs.

¹Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef-7119 le Kef-Tunisie.

²Institut National de Recherches Agronomiques- 1002- Ariana, Tunisie.

³Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, Tunisie.

⁴Dinar= 0,67 Euro

Reçu le 18.12. 02. et accepté pour publication le 10.11.03.

Introduction

Comme dans la plupart des pays de la rive sud de la Méditerranée, l'élevage ovin assume depuis longtemps un rôle social et économique de grande importance en Tunisie. Avec un effectif de 3,7 millions de brebis, cet élevage contribue à environ 35% de la production de viande rouge (23). Mais en dépit de cette importance, l'élevage ovin est encore caractérisé par un niveau de production en dessous du potentiel génétique des races locales (25). Sans négliger l'impact des autres facteurs (reproduction, santé...), la faible production des ovins est principalement liée à la qualité médiocre des ressources alimentaires (paille, foin, chaume...) utilisées dans la ration de ces animaux.

Les ressources fourragères, étroitement liées aux conditions climatiques qui sévissent dans le pays, sont en effet peu diversifiées et présentent souvent une faible valeur alimentaire (5, 17, 18, 20, 24...). Dans ce cas et pour améliorer les performances des agneaux, les éleveurs utilisent massivement les céréales secondaires, principalement l'orge, dont les quantités importées augmentent d'une année à l'autre (15). Ce mode de rationnement des animaux entraîne des perturbations digestives (3, 22) et métaboliques (28). L'addition d'une source azotée, en l'occurrence le tourteau de soja, permet de réduire ces effets négatifs et d'améliorer les performances de croissance des agneaux de race locale tunisienne par rapport à l'orge seule (19). Cependant, l'importation du tourteau de soja coûte très chère au pays. Il est donc impératif de chercher des sources azotées alternatives pour réduire le coût de la production.

L'urée, source d'azote exclusivement non protéique, est souvent utilisée pour remplacer le tourteau de soja dans l'alimentation des ruminants, du moins pour ceux qui ont un potentiel de production faible à modéré. D'une façon générale, cette substitution

fermentescible et en minéraux, la complémentation par l'urée peut aboutir à des performances similaires (10, 30) ou même parfois supérieures (16) à celles permises par le tourteau de soja. Dans tous les cas, même si elle engendre des niveaux de production plus faibles que les sources azotées conventionnelles, l'urée continue à présenter un intérêt économique dans plusieurs pays du monde.

Mais en dépit de cette importance économique indéniable, les études visant l'incorporation de l'urée dans l'alimentation des agneaux restent encore limitées en Tunisie. Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets de la substitution partielle ou totale du tourteau de soja par l'urée sur les performances de croissance post-sevrage des agneaux de race locale tunisienne. L'impact de cette substitution sur le coût de l'alimentation sera également évalué dans ce travail.

Matériel et méthodes

Milieu

L'expérience a été réalisée à la station expérimentale de l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef située dans un étage bioclimatique semi-aride caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne de 350 mm/an. Les températures minimale et maximale moyennes sont respectivement de 7,3 °C et de 29,6 °C.

Animaux

Vingt et un agneaux de race Queue Fine de l'Ouest (QFO), sevrés et ayant un âge moyen initial de 6 mois ont été répartis en trois lots homogènes sur la base du poids vif, du sexe et du mode de naissance (Tableau 1).

Les agneaux ont été traités contre les parasites internes et externes (0,5 ml/animal en injection sous-cutanée d'Ivomec, Merch & Co.Inc N.J.USA) et contre l'entérotoxémie (1 ml/animal en injection sous-cutanée

Tableau 1
Caractéristiques des agneaux utilisés dans l'expérience

	TS	TS+U	U
1. Nombre d'animaux	7	7	7
Mâles	5	5	5
Femelles	2	2	2
2. Mode de naissance			
Simple	5	5	5
Double	1	1	1
3. Poids vif (kg)	18,3 ± 4,8	18,7 ± 4,0	17,9 ± 3,2

TS: ration composée de foin de prairie distribué à volonté + 500 g de concentré contenant le tourteau de soja; TS+U: foin à volonté + 500 g de concentré contenant le tourteau de soja et l'urée; U: foin à volonté + 500 g de concentré contenant uniquement l'urée.

réduit les performances animales, notamment des ovins en croissance (6, 9, 11, 30). Cependant, lorsque le milieu ruminal est suffisamment pourvu en énergie

née de Coglavax, Phylaxia-Safoni). Ils ont été ensuite placés dans des boxes individuels où ils disposaient de l'eau à volonté.

Rations alimentaires

Les agneaux ont reçu individuellement un foin de prairie *ad-libitum*, produit dans la région de Tabarka (pluviométrie annuelle > 1000 mm), complétement par 500 g/tête/j de concentré. Trois concentrés contenant l'orge, le tourteau de soja (et/ou l'urée) et un complément minéral et vitaminique, ont été comparés dans cette expérience (Tableau 2).

Tableau 2
Composition centésimale (% MS)
des trois concentrés expérimentaux

	TS	TS+U	U
Orge	80	87,5	95,3
Tourteau de soja	17,5	8,7	0
Urée	0	1,3	2,2
CMV*	2,5	2,5	2,5

CMV: complément minéral et vitaminique

Ainsi, dans le premier concentré, l'azote est principalement apporté par le tourteau de soja (TS). Ce dernier a été partiellement (50%) ou totalement (100%) remplacé par l'urée dans le second (TS+U) et le troisième concentré (U) respectivement. La substitution a été effectuée sur la base des MAT pour obtenir trois concentrés iso-azotés (15,8; 15,9 et 16,3% MAT respectivement pour les concentrés TS; TS+U et U). La proportion de l'urée dans le concentré n'excède pas 2,2%. Les rations ont été distribuées en deux repas égaux à 8h et à 16h pendant 83 j dont 20 ont été utilisés pour l'adaptation des animaux aux différents régimes alimentaires.

Mesures et paramètres étudiés

Ingestion des aliments

Après la période d'adaptation, les quantités de foin et de concentrés distribuées et refusées ont été pesées quotidiennement tout au long de l'expérience. Le foin a été distribué de façon à laisser au moins 10% de refus. Des échantillons des aliments et des refus ont été prélevés et séchés à l'étuve à 105 °C jusqu'à poids constant. L'ingestion volontaire du foin a été déterminée par différence entre la quantité distribuée et celle refusée. Les résultats ont été exprimés en g MS/j ou en g MS/kg P^{0.75}.

Evolution du poids vif et gain moyen quotidien des agneaux

Les agneaux ont été pesés à jeun chaque semaine en utilisant une bascule de portée maximale égale à 60 kg et ayant une précision de 100 g. La première et la dernière pesée ont été effectuées en double pendant deux jours consécutifs. Les données relatives aux poids vifs des agneaux ont été utilisées pour cal-

culer le gain moyen quotidien (GMQ en g/j) des animaux.

Indice de consommation (IC)

L'indice de consommation est le rapport entre les quantités ingérées et le gain moyen quotidien. Il permet de mesurer l'efficacité de transformation des rations en viande.

Analyses chimiques des aliments

Les teneurs en matière sèche (MS), matière minérale (MM), matière organique (MO) et en paroi végétale (NDF) ont été déterminées sur des échantillons des aliments séchés et broyés à travers une grille de 1 mm selon les méthodes officielles (1). La teneur en azote (N) a été déterminée selon la méthode de Kjeldahl (MAT= N x 6,25).

Charge alimentaire

Le calcul du coût de l'alimentation pour les trois rations testées a été réalisé sur la base de l'ingestion du foin et des concentrés pour produire un kg de poids vif. Les prix utilisés sont ceux pratiqués sur le marché.

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de la variance selon la procédure GLM (27) pour étudier les effets de la substitution azotée sur les paramètres mesurés. Les moyennes significativement différentes ont été séparées selon le test de Newman et Keuls (8).

Résultats et discussion

Composition chimique des aliments

Le foin de prairie présente une teneur en paroi végétale élevée et une teneur en MAT extrêmement faible (Tableau 3).

Tableau 3
Composition chimique (% MS) du foin de prairie et des aliments concentrés utilisés dans l'expérience

	Foin	TS	TS+U	U
1. MS*	89,2	90,5	91,3	91,7
2. MM	8,9	4,7	4,3	4,2
3. MO	91,1	95,3	95,7	95,8
4. MAT	4,2	15,8	15,9	16,3
5. NDF	59,6	27,8	30,2	31,5

*: % de la matière fraîche

MS= matière sèche, MM= matière minérale, MO= matière organique, MAT= matières azotées totales, NDF= Neutral Detergent Fiber

La teneur en paroi végétale notée dans ce travail est similaire à celle du foin de vesce-avoine très largement utilisé en Tunisie (18, 20, 24). En revanche, la teneur en MAT est anormalement faible pour un foin

produit dans des conditions édapho-climatiques similaires. Cette composition chimique défavorable est expliquée par le comportement des agriculteurs qui préfèrent couper tardivement le fourrage pour obtenir une biomasse importante aux dépens de la qualité du fourrage. Il en résulte une valeur alimentaire souvent médiocre (24) expliquant les faibles performances animales lorsque le foin est utilisé seul.

La composition chimique des concentrés (Tableau 3) est conforme aux valeurs initialement prévues (14).

Ingestion des aliments

Les quantités de foin et de concentré ingérées par les agneaux sont présentées dans le tableau 4. L'ingestion moyenne de foin est égale à 406 g MS soit l'équivalent de 37,9 g MS/kg P^{0.75}. Ce niveau d'ingestion est très faible par rapport à ceux rapportés par d'autres auteurs (11, 19). Il peut être principalement attribué à la richesse du foin en paroi végétale dont les effets sur l'encombrement du rumen et sur la diminution de l'ingestion sont bien connus (29).

La substitution partielle ou totale du tourteau de soja par l'urée n'entraîne pas une diminution de l'ingestion du foin (Tableau 4), ce qui corrobore les conclusions de certains travaux (21, 30, 31).

Tableau 4
Effets de la substitution du tourteau de soja par l'urée sur l'ingestion des aliments (en g MS/j et en g MS/kg P^{0.75}) chez les agneaux de race locale tunisienne

	TS	TS+U	U
1. Foin			
g MS/j	403,3 ^a	430,6 ^a	382,6 ^a
g MS/kg P ^{0.75}	37,7	39,1	36,8
2. Concentré			
g MS/j	458,8 ^a	459,9 ^a	458,1 ^a
g MS/kg P ^{0.75}	42,9	41,8	44,0
3. Total			
g MS/j	862,1 ^a	890,5 ^a	840,7 ^a
g MS/kg P ^{0.75}	80,6	80,9	80,8
4. Ecart-type			
g MS/j	42,1	37,4	55,3
5. % concentré	53,2	51,6	54,5

Les moyennes de la même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

Signification des rations: voir texte ou légende du tableau 1.

Nos résultats contredisent en revanche ceux obtenus par d'autres chercheurs (7, 12) qui indiquent que l'ingestion est plus faible avec l'urée qu'avec le tourteau de soja. Ces auteurs attribuent les différences entre les deux sources à la richesse en acides aminés du tourteau de soja, qui améliore l'équilibre entre les

nutriments énergétiques et protéiques absorbés. D'autres chercheurs indiquent que la diminution de l'ingestion avec l'urée est due en partie à son odeur (2). Il est probable que la quantité d'urée utilisée dans la présente expérience (2,2% dans le concentré) soit faible pour exercer un effet néfaste sur l'ingestion volontaire du foin. Mais dans tous les cas, le niveau d'ingestion du foin reste trop limité que pour satisfaire les besoins alimentaires des agneaux en croissance. La complémentation reste donc nécessaire si on veut accroître les performances zootechniques de ces animaux.

Croissance des agneaux et conversion des aliments

Le poids vif des agneaux des trois lots augmente tout au long de la période expérimentale (Figure 1).

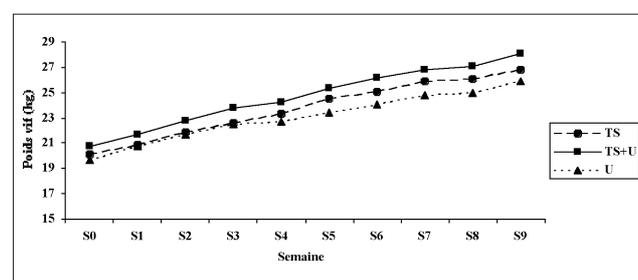


Figure 1: Effet de la substitution du tourteau de soja par l'urée sur l'évolution du poids vif (kg) des agneaux de race locale tunisienne.

Au terme de cette période, l'augmentation du poids atteint 6,7; 7,3 et 6,2 kg respectivement pour les lots TS; TS+U et U sans que les différences ne soient significatives. Il en résulte une vitesse de croissance similaire pour les trois rations testées (Tableau 5).

Tableau 5
Effets de la substitution du tourteau de soja par l'urée sur les performances de croissance et l'indice de consommation chez les agneaux de race locale tunisienne

	TS	TS+U	U
1. Poids initial (kg)	20,1 ± 5,6 ^a	20,8 ± 4,2 ^a	19,7 ± 3,6 ^a
2. Poids final (kg)	26,8 ± 6,1 ^a	28,1 ± 4,0 ^a	25,9 ± 2,9 ^a
3. GMQ (g/j)	106 ± 19,3 ^a	116 ± 20,9 ^a	99 ± 17,8 ^a
4. I.C (kg aliment/kg de gain de poids vif)	9,1 ± 1,8 ^a	7,3 ± 2,6 ^a	9,4 ± 1,4 ^a

I.C: Indice de consommation.

Les moyennes de la même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

Les gains moyens quotidiens sont ainsi égaux à 106; 116 et 99 g/j respectivement pour les lots TS; TS+U et U. L'efficacité de la conversion des aliments en viande, mesurée dans ce travail par l'indice de consommation, n'est pas également influencée par la substitution du tourteau de soja par l'urée (Tableau 5). Cet indice de consommation tend néanmoins à être plus faible lorsque les deux sources azotées sont associées (7,3 kg d'aliment/kg de gain de poids pour le lot TS +U) par rapport à une utilisation séparée (9,1 et 9,4 kg d'aliment/kg de gain de poids respectivement pour les lots TS et U).

Les résultats issus de cet essai montrent que la substitution totale du tourteau de soja par l'urée n'affecte pas la croissance des agneaux de race locale tunisienne. De telles conclusions ont été également rapportées par certains chercheurs (10, 30). Les performances animales satisfaisantes obtenues avec l'urée sont souvent attribuées à une amélioration de l'activité microbienne dans le rumen lorsque l'urée est associée à une source énergétique fermentescible. Dans notre travail, l'orge a été choisie car son amidon est rapidement dégradé dans le rumen (32,2%/h) (29) pour assurer une meilleure synchronisation des apports énergétiques (orge) et azotés (urée) dans le rumen. Il en découlerait une amélioration de la synthèse des protéines microbiennes et un flux duodénal en acides aminés similaire à celui apporté par le tourteau de soja comme le suggèrent certains chercheurs (4, 26). Par ailleurs, nos résultats semblent montrer que l'utilisation mixte du tourteau de soja et de l'urée permet une meilleure croissance des agneaux car ces deux sources apportent à la fois de l'azote non protéique pour la population microbienne dans le rumen et de l'azote protéique pour l'animal. En outre, par rapport à une utilisation séparée, la ration qui contient les deux compléments azotés est mieux convertie en viande par les agneaux.

Enfin, les niveaux de croissance des agneaux enregistrés dans cet essai sont en général faibles et corroborent les gains moyens quotidiens rapportés par certains chercheurs tunisiens (9, 19). Ces résultats sont expliqués par la qualité du foin généralement utilisé au cours de l'engraissement des agneaux et des antenais en Tunisie. D'autre part, certaines observations récentes indiquent que les agneaux de races locales semblent avoir une croissance plus élevée au pâturage qu'en bergerie. Cet aspect mérite d'être approfondi en vue de déceler les causes de ce comportement des animaux.

Charge alimentaire

Les quantités de foin et de concentrés nécessaires pour produire un kg de poids vif, les prix unitaires des

aliments et la charge alimentaire de chaque ration testée sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6
Effets de la substitution du tourteau de soja par l'urée sur la charge alimentaire (en dinars/kg de gain de poids vif) chez l'agneau de race locale tunisienne

	TS	TS+U	U
1. I.C (kg d'aliments/kg de gain)	9,1	7,3	9,4
2. % concentré ⁽¹⁾	52,9	51,6	54,3
3. Quantité de concentré (kg/kg de gain)	4,7	3,7	5,1
4. Quantité de foin (kg/kg de gain)	4,4	3,6	4,3
5. Prix unitaire			
foin	0,22	0,22	0,22
concentré	0,234	0,217	0,201
6. Charge alimentaire (dinars/kg de gain) ⁽²⁾	2,07	1,60	1,98

¹: par rapport à la matière fraîche

²: 1 dinar tunisien: 0,67 Euro

Il ressort que la substitution du tourteau de soja par l'urée permet de réduire la charge alimentaire. Le coût de l'alimentation devient plus faible lorsque les deux sources azotées sont apportées ensemble suite à une meilleure utilisation des aliments. La substitution pratiquée dans cet essai permet donc d'atteindre l'objectif visé qui est de diminuer le coût alimentaire.

Conclusion

L'ensemble des résultats obtenus dans cette expérience mettent en évidence la possibilité de remplacer le tourteau de soja par l'urée dans la ration des agneaux de races locales tunisiennes. En effet, cette substitution n'affecte pas les performances de croissance des agneaux et réduit la charge alimentaire. Par rapport à une utilisation séparée, le mélange des deux compléments (tourteau de soja et urée) permet d'obtenir les meilleurs niveaux de croissance et la charge alimentaire la plus faible.

Références bibliographiques

1. AOAC, 1984, Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, Washington, DC.
2. Baumont R., 1996, Palatability and behaviour in ruminant: a review. *Ann. Zootech.* 45, 385-400.
3. Brown W.F. & Johnson D.D., 1991, Effects of energy and protein supplementation of ammoniated tropical grass hay on the growth and carcass characteristics of cull cows. *J. Anim. Sci.* 63, 348-357.
4. Calves M.J. & Parker J.E., 1993, Intestinal supply of amino acids in steers fed ruminally degradable and undegradable crude protein sources alone and in combination. *J. Anim. Sci.* 71, 1596-1605.
5. Chermiti A., 1994, Utilisation des pailles de céréales traitées à l'ammoniac et à l'urée par les différentes espèces des ruminants dans les pays d'Afrique du Nord. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Catholique de Louvain- Belgique.
6. Chester-Jones H., Stern M.D., Su A., Donker J.D., Ziegler D.M. & Miller K.P., 1990, Evaluation of various nitrogen supplements in starter diets for growing Holstein steers and their effects on ruminal bacterial fermentation in continuous culture. *J. Anim. Sci.* 68, 2954-2964.
7. Church D.C. & Santos A., 1981, Effect of graded levels of soybean meal and of a nonprotein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw. *J. Anim. Sci.* 53(6), 1609-1615.
8. Dagnelie P., 1980, Théories et méthodes statistiques. Vol. 2, Presses Agronomiques, Gembloux, Belgique, 463 p.
9. Haddad L., 1997, Etude des effets de la complémentation azotée d'un ensilage d'avoine sur l'ingestion volontaire, l'utilisation digestive et les performances de croissance chez les ovins. Mémoire de fin d'études du cycle de spécialisation. I.N.A.Tunisie. 116 p.
10. Horton G.M.J. & Nicholson H.H., 1981, Nitrogen sources for growing cattle fed barley and either wheat straw or dehydrated alfalfa. *J. Anim. Sci.* 52(5), 1143-1149.
11. Horton G.M.J., Pitman W.D. & Pate F.M., 1992, Protein supplements for corn-silage diets and their effect on subsequent growth and carcass characteristics in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 595-602.
12. Hubert J.T., Sandy R.A., Polan C.E., Bryant H.T. & Blaser R.E., 1967, Varying levels of urea for dairy cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy. Sci.* 50, 1241.
13. Iason G.R., Sin D.A., Foreman E., Feun P. & Elstu D.A., 1994, Seasonal variation of voluntary food intake and metabolic rate in three contrasting breeds of sheep. *Anim. Prod.* 58, part 3, 381-388.
14. INRA., 1988, Alimentation des bovins, ovins et caprins. (Jarrige R., Ed). INRA Paris, 476 p.
15. Kayouli C. & Belloin J.C., 1997, Renforcement de la production et de la collecte de lait dans les gouvernorats de Bizerte (TUN/006) et de Beja (TUN/008). Mission réalisée pour la F.A.O.
16. Klopfenstein T.J., Stocks R.A. & Ward J.K., 1991, Feeding growing-finishing beef cattle. *In: Livestock feeds and feeding* (Church D.C., Ed). Prentice hall, Englewood cliffs, NJ. p: 258.
17. Mahouachi M., Majdoub A., Ben Younes M. & Ben Abdallah M., 1987, Utilisation de la paille traitée à l'ammoniac pour l'engraissement des agneaux. *Revue de l'I.N.A.T.* Vol. 2 n°2.
18. Mahouachi M., Chermiti A. & Rouissi H., 1996, Effets de l'espèce de graminées et du stade de coupe sur la cinétique de dégradation de la MS du foin. Actes des journées nationales sur les acquis de recherche agronomique, vétérinaire et halieutique. Nabeul, Tunisie, 29/11-1/12 1996: 167-171.
19. Mahouachi M., Rekik M., Atti N., Chermiti A. & M'Hedhbi K., 2000, Incorporation de tourteau de soja et/ou de tourteau de colza dans le concentré à base d'orge sur les performances de croissance des agneaux des races D'man et Queue Fine de l'Ouest. *Tropicultura* 18(2), 74-79.
20. Majdoub A., Mahouachi M., Yahyaoui A. & Rahmani L., 1994, Chemical composition and nutritive value of three barley cultivars grown under the semi-arid conditions of northwest of Tunisia. *Rachis* 13 n° 1/2: 15-20.
21. Mathison G.W. & Engstrom D.F., 1995, Chromium and protein supplements for growing-finishing beef steers fed barley-based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 75, 549-558.
22. Mbatya P.B.A., Kay M. & Smart R.I., 1983, Methods of improving the utilization of cereal straw by ruminants. 1. Supplements of urea, molasses and dried grass and treatment with sodium hydroxide. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 8, 221.
23. Ministère d'Agriculture, 1995, Enquête sur les structures des exploitations agricoles. Ministère de l'agriculture, Tunisie. Presses d'Orbis Impression. 30 p.
24. Nefzaoui A. & Chermiti A., 1989, Composition chimique et valeur nutritive pour les ruminants des fourrages et des concentrés d'origine tunisienne. *Ann. I.N.R.A.T.* 62 Fasc.b 36 p.
25. Rekik M. & Mahouachi M., 1997, Elevage des ovins et des caprins dans les régions semi-arides de la Tunisie. Zerally, Le Kef, Tunisie. 45 p.
26. Rook J.A. & Armstrong D.G., 1989, The importance of the form of nitrogen on microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage and continuous intra-rumen infusion of sucrose. *Br. J. Nutr.* 61: 113-121.
27. SAS., 1985, SAS User's guide: Statistics (Version 5 Eds). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
28. Sauvant D., Grenet E. & Doreau M., 1995, Dégradation chimique des aliments dans le réticulo-rumen: cinétique et importance. *In: Jarrige R., Ruckebush Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M., Eds. Nutrition des ruminants domestiques: ingestion et digestion.* INRA, Paris, pp. 383-403.
29. Sauvant D. & Van Milgen J., 1995, Les conséquences de la dynamique de la digestion des aliments sur le métabolisme ruminal et les performances animales. *Prod. Anim.* 8, 346-353.
30. Sindt M.H., Stocks R.A., Klopfenstein T.J. & Vieselmeyer B.A., 1993, Protein sources for finishing calves as affected by management system. *J. Anim. Sci.* 71, 740-752.
31. Smith O.B., MacLeod G.K., Mowat D.N., Fox C.A. & Moran E.T., 1978, Performance and health of calves fed wet caged layer excreta as a protein supplement. *J. Anim. Sci.* 47(4), 833-842.

M. Mahouachi, Tunisien, Doctorat d'Etat en Production animale (Nutrition), Maître assistant à l'E.S.A.Kef, Tunisie.

Naziha Atti, Tunisienne, Doctorat d'Etat en Production animale (Nutrition), Maître de recherche à l'I.N.R.A de Tunisie.

H. Rouissi Tunisien, Doctorat d'Etat en Production animale (Nutrition), Maître de conférence à l'E.S.A. Mateur, Tunisie.

Maha Tissaoui, Tunisienne, Technicienne supérieure en grandes cultures et élevage extensif, E.S.A.Kef, Tunisie.

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 únicamente la responsabilidad de los autores

Influence of Level of Cottonseed Cake in the Diet on the Feed Intake, Growth Performance and Carcass Characteristics of Guinea Pigs in Cameroon

A.T. Niba¹, J.Djoukam¹, A. Tegua¹, A.C. Kudi² & J.O. Loe¹

Keywords: Guinea pigs- *Pennisetum purpureum*- *Desmodium intortum*- Cottonseed cake- Growth performance- Carcass

Summary

An eight-week trial was conducted to evaluate the influence of graded levels (0, 25 and 50% denoted R_0 , R_1 & R_2) of cottonseed cake (CSC) based diets used as supplement for *Pennisetum purpureum* and *Desmodium intortum* basal diets on the feed intake, growth rate and carcass characteristics of guinea pigs. Mean daily feed intake for the treatments R_0 , R_1 and R_2 were 15.80 ± 0.70 g/day, 14.33 ± 0.94 g/day, 21.04 ± 1.26 g/day and 15.94 ± 0.77 g/day, 18.03 ± 1.11 g/day, 21.32 ± 1.14 g/day for females and males respectively. Considering the type of feed, there was a highly significant ($P < 0.01$) difference between consumption of *Pennisetum*, *Desmodium* and concentrate within the sexes and for all the treatments. Animals showed a high preference for *Pennisetum* followed by *Desmodium* and concentrate. The percent forage dry matter (DM) intake increased from 85.30% for R_0 to 88.90% for R_2 for females and 84.90% to 88.50% for males. There were no significant differences ($P > 0.05$) in the within treatment sex differences in total DM intake. Respective mean weekly weight gains for R_0 , R_1 and R_2 were 13.17 ± 1.05 g, 13.42 ± 0.62 g, 10.56 ± 1.56 g for males and 12.14 ± 0.83 g, 10.62 ± 1.13 g, 6.31 ± 0.70 g for females. There were significant differences ($P < 0.05$) in the within treatment sex differences, for these values in treatments R_1 and R_2 . The between treatment variation in sexes for these values was only observed for females between treatment R_2 and the other two treatments. Overall mean weekly weight gain for the treatments (R_0 , R_1 and R_2) were 12.65 ± 0.94 g, 12.12 ± 0.88 g and 8.44 ± 1.13 g respectively. Significant ($P < 0.05$) difference in these values was only observed between treatment R_2 and the preceding treatments (R_0 and R_1). Feed efficiency for males and females for the respective treatments were 8.39, 7.47, 13.95 and 9.19, 11.88, 23.65 respectively. Overall feed efficiency values showed a linear increase from R_0 (8.78) to R_2 (17.57). Overall mean mortality figures also showed a similar trend with R_0 and R_1 having the same value of 6.67% and R_2 having a numerically higher value of 33.33%.

Résumé

Influence du taux d'incorporation du tourteau de coton dans l'aliment sur la consommation alimentaire, les performances de croissance et les caractéristiques de la carcasse des cobayes au Cameroun

Un essai de 8 semaines a été conduit pour évaluer l'influence de trois niveaux d'incorporation ($R_0= 0\%$, $R_1= 25\%$ et $R_2= 50\%$) du tourteau de coton dans un aliment concentré utilisé comme supplément protéinique d'une ration à base de *Pennisetum purpureum* et *Desmodium intortum*, sur l'ingestion, les performances de croissance et les caractéristiques de la carcasse chez les cobayes. L'ingestion moyenne quotidienne de la matière sèche (MS) pour les trois traitements R_0 , R_1 et R_2 était de $15,80 \pm 0,70$ g/jour, $14,33 \pm 0,94$ g/jour, $21,04 \pm 1,26$ g/jour et de $15,94 \pm 0,77$ g/jour, $18,03 \pm 1,11$ g/jour, $21,32 \pm 1,14$ g/jour respectivement chez les femelles et les mâles. En fonction du type d'aliment et pour des animaux du même sexe, nous avons observé une différence très significative ($P < 0,01$) entre les consommations de *Pennisetum*, de *Desmodium* et de concentré pour tous les traitements. Les animaux avaient une préférence pour le *Pennisetum* suivi du *Desmodium* et du concentré. Le taux d'ingestion de la MS fourragère variait de 85,30% pour R_0 à 88,90% pour R_2 chez les femelles et de 84,90% à 88,50% chez les mâles. L'ingestion totale de MS chez les femelles n'était pas significativement différente ($P > 0,05$) de celle des mâles soumis au même traitement. Les gains moyens hebdomadaires (G.M.H.) pour R_0 , R_1 et R_2 étaient de $13,17 \pm 1,05$ g, $13,42 \pm 0,62$ g, $10,56 \pm 1,56$ g chez les mâles et $12,14 \pm 0,83$ g, $10,62 \pm 1,13$ g, $6,31 \pm 0,70$ g chez les femelles respectivement. Les G.M.H. des femelles étaient significativement différents ($P < 0,05$) de ceux des mâles dans les traitements R_1 et R_2 . A l'intérieur du même sexe, les femelles soumises au traitement R_2 ont eu un G.M.H. significativement différent ($P < 0,05$) de celui des deux autres traitements. Les G.M.H. pour les traitements R_0 , R_1 et R_2 étaient de $12,65 \pm 0,94$ g, $12,12 \pm 0,88$ g et $8,44 \pm 1,13$ g respectivement, nous avons observé une diffé-

¹Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, P.O. Box 222 Dschang, University of Dschang, Dschang, Cameroon.

²Seale-Hayne, Faculty of Agriculture, Food & Land Use, University of Plymouth, Newton Abbot, Devon TQ12 6 NQ, United Kingdom.

Received on 13.09.02. and accepted for publication on 15.12.03.

Results for carcass evaluation and gut characteristics show no significant difference ($P > 0.05$) between the treatment means for carcass weight, viscera weight, liveweight, small and large intestinal weights and dressing percentage. A highly significant difference ($P < 0.01$) between the treatments was however recorded for the caecal weights between treatment R_2 (44.78 ± 2.60) and the other two treatments being R_0 (38.75 ± 1.74) and R_1 (37.44 ± 1.58). Results indicate that CSC can be included in supplemental diets in guinea pigs up to 25% without significant reduction in growth performance and carcass quality.

rence significative ($P < 0,05$) entre le G.M.H. de R_2 et celui des deux autres traitements (R_0 et R_1). Les indices de consommation des différents traitements chez les mâles étaient de 8,39; 7,47; 13,95 et 9,19; 11,88; 23,65 chez les femelles respectivement pour les traitements R_0 , R_1 et R_2 . Les indices de consommations généraux augmentaient de manière linéaire de 8,78 pour R_0 à 17,57 pour R_2 . Les données générales sur les mortalités donnaient les mêmes tendances que celles ci-dessus avec des taux de 6,67% pour R_0 et R_1 et 33,33% pour R_2 . Les caractéristiques de la carcasse n'étaient pas significativement différentes ($P > 0.05$) quel que soit le traitement, notamment pour le poids carcasse, le poids des viscères, du foie, du petit et du gros intestin et le rendement carcasse. Toutefois, le poids du cæcum des animaux soumis à R_2 étaient significativement supérieur ($P < 0,01$) à celui des animaux soumis aux deux autres traitements ($44,78 \pm 2,60$ g pour R_2 contre $38,75 \pm 1,74$ et $37,44 \pm 1,58$ pour R_0 et R_1 respectivement). Les résultats montrent que le tourteau de coton peut être incorporé dans un aliment de supplémentation des rations du cobaye jusqu'à hauteur de 25% sans qu'il y ait réduction conséquente de la croissance ou de la qualité de la carcasse.

Introduction

Guinea pigs are promising minilivestock due to the fact that they require little capital or labour, provide an inexpensive readily available, palatable meat, have no odour and are suitable for keeping indoors (16). In addition their low cost and size make them accessible to many landless peasants. More important is their ability to serve as excellent sources of supplementary income for these farmers. In the Western Highlands of Cameroon (WHC) the offtake due to slaughtering for home consumption, cash sales and gifts has been reported (14) to be 40%, 55% and 5% respectively. This relatively high commercial offtake suggests that guinea pig production is an important income generating activity for small farmers in the WHC. The increasing population density (250-300 inhabitants/km²) in the WHC which is responsible for the continuous decline in the size of smallholder farm holdings has rekindled farmer interest in non-conventional small animal species notably minilivestock such as Guinea pigs, (14, 17) and the African giant rats (11).

While in Latin America production of guinea pigs has been improved with modern production practices, in Cameroon, production of guinea pigs is mainly by the traditional system where the animals scavenge on the floor for their daily needs (14). Most food is provided from kitchen wastes and farm residues and sometimes supplemented with vegetables and forages. This has resulted in a situation where the productivity of these animals has remained low. The utilisation of agroindustrial by-products which are affordable to the farmers could definitely improve the nutrition of these

animals, especially during the dry season when conventional forages are hard to find. The present study was designed with a view to investigating the feed intake, growth performance and carcass characteristics of guinea pigs fed graded levels of cottonseed cake.

Materials and methods

Study site

The study was conducted at the teaching and research farm of the University of Dschang. Dschang is situated in the WHC 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, the wet season ranges from March to November and the dry season from late November to March.

Trial management

Ninety guinea pigs with an average age of 7 weeks were first separated according to their sexes (45 males and 45 females) and then randomly divided into three groups corresponding to three levels of cottonseed cake inclusion in their diets (0, 25, and 50%). Animals were placed in a completely randomised design with three replicates of 5 animals per sex per treatment. Replicates were housed in identical bamboo cages of 60 by 40 cm corresponding to a space allocation of 0.048 m² per animal. Animals were all given a basal diet of forage being *Pennisetum pur-*

pureum and *Desmodium intortum* free choice. Basal diets were supplemented with diets containing 0, 25 and 50% cottonseed cake. These diets corresponded to the three treatments denoted as R₀, R₁ and R₂. The percentage composition of the supplemental diets used in the study are shown in table 1.

Table 1
Percentage composition of supplemental diets

Ingredients	R ₀	R ₁	R ₂
Cottonseed cake	0.00	25.00	50.00
Wheat bran	61.80	60.65	49.50
Soybean cake	37.70	13.85	0.00
Salt	0.25	0.25	0.25
Broiler Premix	0.25	0.25	0.25
Total	100	100	100

The proximate chemical composition of the basal and test diets determined according to the methods described by A.O.A.C. (4) are also shown in table 2. The gossypol content of the cottonseed cake used in the study had earlier been reviewed by Dongmo *et al.*, (10) and indeed the free gossypol content of most of our cottonseed cakes and meals have been reviewed by Heywang and Bird, (12) and McDonald *et al.*, (15)

who reported the gossypol content of most cottonseed cakes to be within the range of 0.03 to 0.2%.

Animal management

Animals were fed *ad libitum* and cages were cleaned daily. Provision was made for the space for dunging, feeding and drinking. Liveweight measurements were made weekly for males and females while feed consumed was measured indirectly by weighing the feed given and the leftovers. At the end of the study, 10 animals per treatment were fasted for a period of 12 hours and slaughtered by cervical dislocation for carcass evaluation and organ weights.

Data collection and statistical analysis

Mean values of weekly weight gain, feed consumption for the different sexes were computed from raw data collected in the study while only males were used for carcass evaluation. Data collected were subjected to one way analysis of variance while significant differences between means were compared by the Duncan's multiple range test (19).

Results

Feed consumption

Results show mean daily feed intake (Table 3) of females and males for R₀, R₁ and R₂ to be 15.80 ±

Table 2
Chemical composition of feeds (% dry matter)

	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Desmodium intortum</i>	R ₀	R ₁	R ₂
Dry matter	20	16.5	88.3	90.4	88.1
Crude Protein	9.8	17.0	28.1*	26.8*	28.8*
Crude Fibre	29.7	30.4	10.7*	11.1*	11.2*
Ash	14	10.9	8.0	6.6	6.9
Ether extracts	2.6	3	—	—	—
Nitrogen free extracts	43.9	38.7	—	—	—

* Determined by calculation.

Table 3
Effect of sex and type of feed on the mean total dry matter intake (g) of guinea pigs fed different levels of CSC

Sex	Type of feed	Treatment R ₀ (Mean ± S.E.)*	Treatment R ₁ (Mean ± S.E.)	Treatment R ₂ (Mean ± S.E.)
Females	<i>Pennisetum</i>	478.75 ± 12.84 ^a	446.84 ± 21.30 ^a	674.50 ± 26.10 ^a
	<i>Desmodium</i>	282.45 ± 16.82 ^b	276.64 ± 18.90 ^b	372.67 ± 24.12 ^b
	Concentrate	131.20 ± 9.58 ^c	120.83 ± 12.22 ^c	130.81 ± 20.40 ^c
	% forage DM intake	85.30	85.70	88.90
	Mean daily DM intake/female•	15.80 ± 0.70 ^a	14.33 ± 0.94 ^a	21.04 ± 1.26 ^b
Males	<i>Pennisetum</i>	478.98 ± 16.62 ^a	546.90 ± 28.33 ^a	666.90 ± 23.21 ^a
	<i>Desmodium</i>	278.68 ± 16.53 ^b	311.38 ± 21.33 ^b	389.93 ± 22.29 ^b
	Concentrate	135.08 ± 10.19 ^c	151.49 ± 12.26 ^c	137.35 ± 18.26 ^c
	% forage DM intake	84.90	85.0	88.50
	Mean daily DM intake/male•	15.94 ± 0.77 ^a	18.03 ± 1.11 ^{ab}	21.32 ± 1.14 ^b

* Means (± S.E.) bearing different superscripts in the same column and sex differ significantly (P < 0.01).

• Means bearing different superscripts within this rows are significant at P < 0.05.

0.70, 14.33 ± 0.94 , 21.04 ± 1.26 and 15.94 ± 0.77 , 18.03 ± 1.11 , 21.32 ± 1.14 for the sexes and treatments respectively.

Male animals fed on the R_2 diet consumed significantly higher ($P < 0.05$) dry matter (DM) as compared to those on the control. There was no significant difference between R_0 & R_1 and between R_1 & R_2 males for feed intake. For females, R_2 animals consumed more feed ($P < 0.05$) than the R_0 & R_1 animals.

Table 4 shows the within treatment sex differences in mean total dry matter intake for males and females for the period of study (0-8 weeks).

The mean total DM intake for males was numerically higher in R_2 followed by R_0 and R_1 . In females these values followed almost the same trend except with the value for R_1 which was numerically better than that in R_0 . There were however no significant differences ($P > 0.05$) between the males and females for all the treat-

Table 4
Within treatment sex differences in total DM intake (g) for guinea fed different levels of CSC

Sex	Treatment R_0 (Mean \pm S.E.)*	Treatment R_1 (Mean \pm S.E.)	Treatment R_2 (Mean \pm S.E.)
Males	297.58 ± 30.47^a (24)	291.71 ± 31.12^a (24)	398.06 ± 46.60^a (24)
Females	294.92 ± 29.90^a (24)	324.73 ± 34.00^a (24)	392.65 ± 48.17^a (24)

* Means (\pm S.E.) bearing the same superscripts within the same row are not significantly different ($P > 0.05$).
() - values in parenthesis represent the number of observations.

Considering the type of feed, there was a highly significant difference ($P < 0.01$) between consumption of *Pennisetum*, *Desmodium* and concentrate within the sexes and for all the treatments. Animals showed a high preference for *Pennisetum* followed by *Desmodium* and lastly the concentrate.

The mean DM intake was significantly ($P < 0.05$) higher for treatment R_2 as compared to the other treatments (Table 5).

Growth performance

Table 6 shows values for the between and within treatment sex differences in mean weekly weight gain.

Table 5
Effect of level of CSC in the diet on the total DM intake of guinea pigs

Parameter	Treatment R_0 (Mean \pm S.E.)*	Treatment R_1 (Mean \pm S.E.)	Treatment R_2 (Mean \pm S.E.)
Total DM intake in grams (0-8 weeks)	296.25 ± 21.12^a (48)	307.04 ± 22.82^a (48)	395.36 ± 33.16^b (48)

* Means (\pm S.E.) bearing different superscripts within the same row differ significantly ($P < 0.05$).
() - values in parenthesis represent the number of observations.

The percent forage DM intake increased from 85.3 for R_0 to 88.9 for R_2 for females and 84.9 to 88.5 for males (Table 3).

Males for R_1 recorded higher values of 13.42 ± 0.62 while the lowest value was recorded by males of R_2 (10.56 ± 1.56).

Table 6
Between and within treatment sex differences in mean weekly weight gain (grams) of guinea pigs fed different levels of CSC

Sex	Treatment R ₀ (Mean ± S.E.)*	Treatment R ₁ (Mean ± S.E.)	Treatment R ₂ (Mean ± S.E.)
Males	13.17 ± 1.050 ^a	13.42 ± 0.62 ^a	10.56 ± 1.560 ^a
Feed efficiency(F/G)	8.39	7.47	13.95
Percent mortality (%)	6.67 (14)	0.00 (15)	33.33 (10)
Females	12.14 ± 0.830 ^a	10.62 ± 1.130 ^{ab}	6.31 ± 0.700 ^b
Feed efficiency(F/G)	9.19	11.88	23.65
Percent mortality (%)	6.67 (14)	13.33 (13)	33.33 (10)

() - values in parenthesis represent the number of observations.

*Means (± S.E.) bearing different superscripts in the same column or row differ significantly (P < 0.05)

On the other hand females for R₀ had the highest values (12.14 ± 0.83) for the same parameter meanwhile the value for R₂ was about half of the former (R₀). There was no significant difference in the within treatment sex differences between males and females for treatment R₀. There were significant differences (P < 0.05) between males and females in treatments R₁ and R₂ with males recording higher values than females. There were also no significant differences (P > 0.05) in the between treatment sex differences

by R₀ and R₂. In females the feed efficiency in R₀, R₁ and R₂ were 9.19, 11.88 and 23.65 respectively with a better feed efficiency being observed in R₀. Feed efficiency figures within treatment are better for males than females. Overall feed efficiency values show that R₀ had a slightly higher efficiency than R₁ which was also higher than R₂.

Corresponding mortality figures (Table 6) during the period of study show a net increase in overall mortal-

Table 7
Effect of level of CSC on the overall mean weekly weight gain of guinea pigs

Parameter	Treatment R ₀ (Mean ± S.E.)*	Treatment R ₁ (Mean ± S.E.)	Treatment R ₂ (Mean ± S.E.)
Mean weight gain (grams)	12.654 ± 0.940 ^a (28)	12.118 ± 0.875 ^a (28)	8.437 ± 1.130 ^b (20)
Feed Efficiency (F/G)	8.78	9.35	17.57
Percent mortality (%)	6.67	6.67	33.33

() - values in parenthesis represent the number of observations.

*Means (± S.E.) bearing different superscripts in the same row differ significantly (P < 0.05).

between the males of R₀, R₁ and R₂. Significant difference (P < 0.05) in the females was only observed between treatment R₂ which recorded a lower value of 6.31 ± 0.7 as opposed to 12.14 ± 0.83 for R₀ and 10.62 ± 1.13 for R₁. The overall mean weekly weight gain for the period of study (0-8 weeks) shown in table 7 was highest for R₀ (12.654 ± 0.94) and lowest for R₂ (8.437 ± 1.13).

Significant differences (P < 0.05) were observed between R₂ which recorded the lowest weight gain as compared to R₀ & R₁.

The feed efficiency, calculated as feed/gain (F/G), for males in R₀, R₁ and R₂ were 8.39, 7.47 and 13.95 respectively. R₁ had the best feed efficiency followed

by R₀ and R₂. In females the feed efficiency in R₀, R₁ and R₂ were 9.19, 11.88 and 23.65 respectively with a better feed efficiency being observed in R₀. Feed efficiency figures within treatment are better for males than females. Overall feed efficiency values show that R₀ had a slightly higher efficiency than R₁ which was also higher than R₂.

Carcass and gut characteristics

Results for this parameter (Table 8) show that although R₂ had higher mean values for the live weight (351.11 ± 23.2) than R₀ (349 ± 17.62), corresponding values for carcass weight and dressing percentage for R₀ (247.8 ± 15.47, 70.61 ± 1.49) were higher than those for R₂ (237.22 ± 19.86, 66.74 ± 2.06).

Table 8
Carcass and gut characteristics of guinea pigs fed different levels of CSC

Parameter (in grams)	Treatment R ₀ (Mean ± S.E.)*	Treatment R ₁ (Mean ± S.E.)	Treatment R ₂ (Mean ± S.E.)
Liveweight	349.00 ± 17.62 ^a	364.00 ± 17.67 ^a	351.11 ± 23.20 ^a
Carcass weight+head	247.80 ± 15.47 ^a	260.00 ± 15.37 ^a	237.22 ± 19.86 ^a
Carcass weight	194.06 ± 14.04 ^a	209.00 ± 14.10 ^a	186.67 ± 15.94 ^a
Viscera weight	96.20 ± 3.68 ^a	97.00 ± 4.25 ^a	107.98 ± 6.78 ^a
Liverweight	9.64 ± 0.74 ^a	10.42 ± 0.55 ^a	10.60 ± 0.67 ^a
Small intestinal weight	13.55 ± 0.72 ^a	15.68 ± 1.29 ^a	16.64 ± 1.80 ^a
Large intestinal weight	18.49 ± 1.38 ^a	16.20 ± 1.40 ^a	16.42 ± 2.22 ^a
Caecal weight	38.75 ± 1.74 ^a	37.44 ± 1.58 ^a	44.78 ± 2.60 ^b
Dressing percentage	70.61 ± 1.49 ^a	71.13 ± 1.33 ^a	66.74 ± 2.06 ^a

*Means (± S.E.) bearing different superscripts in the same row differ significantly (P < 0.01).

Treatment means for gut characteristics show R₂ with the highest value for viscera weight (107.98 ± 6.78), liver weight (10.6 ± 0.67), caecal weight (44.78 ± 2.6) and small intestinal weight (16.42 ± 2.22). Values for treatment R₀ were lower than those of treatment R₁ for these parameters except for the large intestinal and caecal weights, where they were 18.49 ± 1.38, 38.75 ± 1.74 and 16.20 ± 1.40, 37.44 ± 1.58 respectively.

No significant difference (P > 0.05) were observed between the treatment means for carcass weight, viscera weight, liver weight, small and large intestinal weight and dressing percentage. There was however a highly significant difference (P < 0.01) in the caecal weight in the treatment means between treatment R₂ and the other treatments which recorded lighter caecal weights as compared to the former. Treatment R₁ recorded the highest mean values for live weight (364 ± 17.67), carcass weight with head (260 ± 15.37) and dressing percentage (71.13 ± 1.33).

Discussion

Feed consumption

The mean daily DM intake values observed in this study are lower than the values reported by Ngou Ngoupayou *et al.*, (16) who observed a daily forage DM intake of 22.53 g/animal/day. However this differences could be attributable to the fact that their value was solely dependent on forage DM intake and the animals could probably have needed more feed to cover their requirements. However, values for males and females (averaging 21.18 g) in R₂ in which animals consumed the highest percentage of forage as compared to concentrate are very close to the value of 22.53 g reported by these authors. The highly significant preference for forages as opposed to the CSC based supplements for all the treatments and sexes could be due to their adaptability to a forage diet as they normally consume under traditional management.

Pennisetum purpureum which is the highest consumed forage in this study has also been reported (19) to be the most widely used grass species in the region and constitutes the basis of ruminant diets in many parts of the world.

The increase in percentage forage DM intake from R₀ to R₂ as shown in table 3 could be attributed to the increase in fibre content and bulkiness in the concentrate diet with increasing levels of CSC as one goes from 0 to 50% CSC inclusion. This would probably have brought about more preference for the basal diet than the concentrate.

The increase in mean daily feed intake with increasing level of crude fibre content of the diet (except for males in R₁) is at variance with a previous report by Alawa and Amadi (3), who reported a decrease in voluntary feed intake with a replacement of the corn portions of diets with highly fibrous components for rabbits. The difference may have resulted from the fact that these authors used different sources of crude fibre as opposed to graded levels of crude fibre from one source at a time. The present results however agrees with the findings of Butcher *et al.*, (8), who reported increases in feed intake with graded levels of crude fibre for growing rabbits.

Growth performance

The higher values for mean weekly weight gain for males as opposed to females indicated in table 6 is suggesting the fact that males were better feed utilizers than the females. Corresponding feed intake figures as represented in tables 3, 4 and 5 show a higher value for males. This could therefore suggest that the increase in protein supplementation improved intake for males more than females. The higher growth rate in males may therefore have resulted from increased rate of breakdown and passage of digesta in males more than females. The mean weekly weight gain of females in R₂ was almost half the value for males. This suggests also that females are poor handlers of diets with high fibre content than males.

The feed efficiency of males in all the treatments is an indication of the fact that males utilise feeds better than females especially with regards to high fibre diets as shown from the differences in the feed efficiency values between males and females in R_1 and R_2 . Values for feed efficiency in this study are however higher than the recommendations made by Manjeli *et al.*, (14) for guinea pigs in the Western Highlands of Cameroon. Higher figures for feeding efficiencies in this study are probably due to the introduction of CSC in the diet as there seems to be a linear increase in feed efficiency with increasing amount of CSC (Table 7). Values reported by NRC, (16) were also higher than the ones in this study and these values were in the range of 3.2-5.7 kg of forage to produce 1 kg of growth.

The drop in the overall mean weekly weight gain with increasing levels of CSC in the diet as shown in table 7 is pointing to the fact that unlike ruminants, guinea pigs are unable to handle diets with high fibre content. It could also be suggestive of the fact that they, as opposed to ruminants (15), guinea pigs cannot reasonably stand the anti-nutritional factor (gossypol) present in CSC.

Reduction in weight gain as a result of poor utilisation of higher fibre diets and/or diets containing anti-nutritional factors has also been reported in rats (6), in broilers (7) and in rabbits (1).

The overall mean weekly weight gain values observed in this study are lower than figures reported by Manjeli *et al.* (14). A possible explanation for this difference could be the fact that these authors investigated the weight gain of their animals from birth to 15 weeks and indeed NRC (16) reported that weight gain is rapid for the first 4-6 weeks after birth and then decreases. The poor growth rate in the present study may also have been attributed to the poor space availability associated to raising in the cages. The presence of anti-nutritional factors in the supplement especially with regards R_2 where poor growth is very evident could also be a possible explanation. The observed increase in overall mortality with increasing level of CSC in the diet could also be implicating the deleterious effects of anti-nutritional factors on these animals.

Carcass characteristics

Since carcass yield is an indication of the quality and utilisation of the ration, it was therefore not surprising that parameters for carcass yield such as carcass weight and dressing percentage were lower for R_2 than R_0 and R_1 . Values for feed efficiency, carcass weights and dressing percentage for males in R_1 are in conformity with this assertion. Males in R_1 which had the best feed efficiency had the highest numerical value for growth rate, carcass weights and dressing percentage. This is a clear indication of the fact that the quality of the diet was reflected in a higher empty body weight rather than an increase in viscera com-

ponents. Values for males in R_0 also follow the same trend.

Despite the relatively higher mean liveweight of treatment R_2 than R_0 values for carcass weight were lower for R_2 than R_0 . There was an increasing tendency for viscera components with increasing levels of CSC in the diet. This could be observed in R_2 where there was a highly significant difference in the caecal weight between this treatment and the other treatments. The significant increase which was observed only for the caecal weights is an indication of the fact that the caecum in the guinea pig just like in other pseudo-ruminants (rabbits and horses) is highly implicated in the digestion of especially cellulose by the animal. Increases in gut size with particular reference to caecal weight has been reported in layers by Longe and Adetola (13). They further stated that the effect of exertion on gut size in layers depended on the nature of the fibre. The increases in the viscera weight and in the relative weights of the gut parts observed from treatment R_0 to R_2 although not significant is also associated with the higher fibre content and bulkiness of the diets. This has also been clearly demonstrated in broilers (5, 7) and in cockerels (2). The linear increase in liver weights from R_0 to R_2 is suggesting the toxicity of CSC at certain levels of inclusion in the diet. Similar observations have also been made in poultry (5, 18). Values for dressing percentage reported in this study are higher than the observations of NRC (16), who reported a value of 65% including skin and legs. However these values are slightly lower than values for dressing percentage in rabbits (74%) reported for rabbits in Nigeria (1). Values reported for this study are also slightly higher than the range (54%-67%) reported by Cicogna (9), for guinea pigs in South America.

Conclusion

It can be adduced from the results that cottonseed cake can be used as supplement to improve forage based diets for guinea pigs up to 25% inclusion in the diet without any significant reduction in performance. The utilisation of CSC and other agro-industrial by-products in guinea pig nutrition is therefore important in the improvement of their growth performance and consequently their carcass yield although higher levels seem to have a detrimental effect on the animal. Males seem to be more adapted to the utilisation of these by-products than females. Further studies in feeding and nutritional requirement trials, especially with supplements suitable for resource poor farmers as well as during seasons when conventional forages are hard to get is recommended. Management practices such as space requirement and housing which could improve feed utilisation are also of paramount importance.

Literature

1. Aduku A.O. & Olukosi J.O., 1990, Rabbit management in the tropics, Living Book Series, Gu. Publications, Abuja, Nigeria, 111 p.
2. Aina A.B.J., 1990, Replacing maize with cassava peels in finisher rations of cockerels: The effect of cut-up pieces of the eviscerated carcass. Nigerian journal of animal production, 17, 17-22.
3. Alawa J.P. & Amadi C., 1991, Voluntary intake and digestibility of diets containing corn cobs, brewer's dried grains and wheat bran by rabbits. Journal of animal production research, 11, 9-19.
4. A.O.A.C., 1984, Official methods of analysis. Association of official and analytical chemists. 13th Ed., Washington, DC.
5. Atuahene C.C., Donkoh A. & Nkansah-Dako P., 1986, Effect of raw cottonseed meal on the performance, carcass characteristics and certain blood parameters of broiler chickens. Journal of animal production research, 6, 107-114.
6. Bamgbose A.M., Ndiangang C.S., Oyawoye E.O., Egbo M.L., Ogunkule M.M. & Adeogun I.O., 1999, Performance of weanling Albino rats (*Rattus rattus*) fed some local energy and protein feedstuffs. Tropical journal of animal science, 1, 67-74.
7. Bamgbose A.M. & Niba A.T., 1998, Performance of broiler chickens fed cottonseed cake in starter and finisher rations. Proceedings of 3rd Annual conference of animal science association of Nigeria pp. 84-87.
8. Butcher C., Bryant M.J., Machin D.M., Owen E. & Owen J.E., 1981, The effect of metabolisable energy concentration on performance and digestibility in growing rabbits. Tropical Animal Production, 6, 93-100.
9. Cicogna M., 2000, Guide technique d'élevage N° 4 sur les cobayes. In: Hardouin J. (Eds), Série B.E.D.I.M., Information et documentation. Décembre 2000, Gembloux, 8 p.
10. Dongmo T., Pouilles-Duplax M., Ngou Ngoupayou J.D., Blesbois E. & Reviers De M., 1993, Utilisation du tourteau de coton dans l'alimentation des volailles. I. Etude zootechnique chez les reproducteurs de l'espèce *Gallus domesticus*. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux., 46, 609-619.
11. Fonweban J.N. & Njwe R.M., 1990, Feed utilisation and liveweight gain by the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse) at Dschang in Cameroon. Tropicultura, 8(3), 118-120.
12. Heywang B.W & Bird H.R., 1955, Relationship between the weight of chicks and levels of dietary free gossypol supplied by different cottonseed products. Poultry Science, 34, 1239-1247.
13. Longe O.G. & Adetola J.A., 1983, Metabolisable energy values of some agricultural wastes and industrial by-products for layers and the effects of these ingredients on gut dimensions. Journal of animal production research, 3, 1-13.
14. Manjeli Y., Tchoumboue J., Njwe R.M. & Tegua A., 1998, Guinea pig productivity under traditional management. Tropical animal health and production, 30, 115-122.
15. Mc Donald P., Edwards R.A. & Greenhalg, J.F.D., 1987, Animal Nutrition, 4th Ed., Longman group Ltd., Hong Kong.
16. National Research Council, 1991, Microlivestock: Little known animals with a promising economic future. National academy press, Washington DC, pp. 241-249.
17. Ngou Ngoupayou J.D., Fotso J.M. & Kouonmenoic J., 1994, Le cobaye comme animal de boucherie au Cameroun. Tropicultura, 12(4), 157-161.
18. Niba A.T., 1995, Carcass and gut characteristics of broilers fed soybean/cottonseed cake based diets. B Sc. Thesis, Abubakar Tafawa Balewa University, Nigeria, July, 1995.
19. 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.
20. Tegua A., Øskov E.R. & Kyle D. J., 1999, A note on ruminal *in situ* degradability and *in vitro* gas production of some west African grass species and multipurpose legume tree leaves. Journal of animal and feed sciences, 8, 415-424.

A.T. Niba, Cameroonian, M.Sc. Animal Science (Reproductive physiology), Department of animal production, Faculty of agriculture, University of Dschang, Cameroon, Assistant lecturer.

J. Djoukam, Cameroonian, Ph.D. Animal nutrition, Department of animal production, Faculty of agriculture, University of Dschang, Cameroon, Associate professor.

A. Tegua, Cameroonian, M.Sc. Poultry science, Department of animal production, Faculty of agriculture, University of Dschang, Cameroon, Senior lecturer.

A.C. Kudi, Nigerian, Two Ph.Ds (Animal Health), Sealy-Hayne, Faculty of agriculture, Food and land use, University of Plymouth, United Kingdom, Senior lecturer.

J.O. Loe, Cameroonian, Engineer in agronomy, Department of animal production, Faculty of agriculture, University of Dschang, Cameroon, Research assistant.

Quantifying the Effects of Crop and Soil Management Practices on Soil Productivity Using N as a Soil Quality Indicator

M.A.N. Anikwe

Keywords: Quantitative evaluation- Safe and unsafe cropping systems- Soil productivity- Maize and groundnut

Summary

The development and evaluation of soil productivity index for estimating safe (restorative) and unsafe (depletive) cropping systems using N as a soil quality indicator was carried out at Nsukka southeastern, Nigeria. The study was carried out during the 1996, 1997, 1998 and 1999 planting seasons in a Typic Paleustult using two tillage systems and four other management practices (poultry droppings + NPK, Mulch + NPK, NPK alone and no amendment). These were laid out in split – plots in randomized complete block design replicated three times using maize and groundnut as test crops. The percent changes in soil post – harvest N content in relation to the change in seed yield of maize and groundnut were used to develop an index of productivity rating to be used by farmers to calculate safe or unsafe cropping system. Results from the study indicated that soil post - harvest N content had good relationship with seed yield ($r= 0.95$ and $r= 0.94$ for maize and groundnut respectively) and that the manure + NPK plots, with the highest calculated productivity index (+ 0.7 for maize and + 0.9 for groundnut) were the plots with vice the highest seed yield of maize and groundnut, respectively. Conversely, the plots with the lowest ratings (unamended maize plots with -0.6 and unamended groundnut plots with -0.3) were those with the lowest seed yields. In the residual planting year (1999), plots with the highest ascribed productivity indices were the plots with the highest seed yield of maize and groundnut and vice versa. Thus the calculated productivity index values could be used by a farmer to predict a priori the effect of a given management practice he plans to adopt.

Résumé

Quantification d'effets de plantes et de pratiques agricoles sur la productivité du sol par utilisation de l'azote comme indicateur de la qualité du sol

Le développement et l'évaluation de l'indice de productivité pour estimer les effets (déplétifs ou restauratifs) des systèmes de culture sur le niveau de fertilité des sols, en utilisant l'azote comme indicateur de la qualité, ont été réalisées à Nsukka dans le sud-est du Nigeria pendant les saisons culturales de 1996, 1997, 1998 et 1999. L'essai a été conduit en plantant le maïs et l'arachide sur un sol de type «Paleustult». Le dispositif expérimental était en parcelles divisées dans des blocs aléatoires complètement randomisés avec trois répétitions. Deux systèmes de labour et quatre techniques culturales (fumure de volaille + NPK, paillis + NPK, NPK pure et sans amendement) ont été quantifiés. Les changements de la teneur en azote des sols avant et après la récolte en rapport avec les changements du rendement en graines de maïs et de l'arachide ont été utilisés pour développer un indice permettant d'évaluer la productivité des sols utilisable par les agriculteurs pour estimer la durabilité des systèmes de culture.

Les résultats obtenus ont montré une corrélation entre la quantité de l'azote post-récolte et le rendement en graines de $r= 0,95$ et $0,94$ respectivement pour le maïs et pour l'arachide. Il a été en plus constaté que les parcelles fertilisées par la fumure + NPK, avaient un indice de productivité plus élevée de + 0,7 pour le maïs et de + 0,9 pour l'arachide, et avaient également le plus grand rendement en graines. Par contre, les parcelles avec les indices plus faibles sans amendement (- 0,6 pour le maïs et - 0,3 pour l'arachide) présentaient également le plus faible rendement. Lors de la campagne de semis (1999), les parcelles qui présentaient les indices de productivité les plus élevés étaient également celles où s'observaient les plus hauts rendements en graines de maïs et de l'arachide et vice versa. Les valeurs calculées de l'indice de productivité devraient pouvoir être utilisées par les fermiers pour prédire à priori l'effet d'une technique culturale qu'ils envisagent adopter.

Department of Agronomy, Faculty of agriculture, Enugu state, University of science and technology, P.M.B. 01660, Enugu, Nigeria.

Author's e-mail address: anikwema@yahoo.co.uk

Received on 14.08.03. and accepted for publication on 15.12.03.

Introduction

There are many stresses experienced by a land resource system and its soils. Such stresses as soil acidification, salinization, poor drainage and erosion cause reduction in the productive capacity of soil. Just as we can assess human health, we can evaluate soil quality and health (3). Larson and Pierce (7) proposed that a minimum data set of soil parameters should be adopted for assessing the health of world soils, and that standardized methodologies and procedures be established to assess changes in the quality of these factors. There are no reliable, practical methods of assessing or evaluating soil quality/health, although some research reports have established a conceptual framework for assessing this (6). According to Mausbach and Seybold (8) the assessment of soil quality presumes that procedures exist to measure it and standards have been developed to determine the relative quality of soil under various land uses and management systems. Assessments of soil quality they concluded, can be, in the simplest form, visual observations of soil quality or may be very complex involving many laboratory analyses and the calculation of soil quality indices. Assessments of soil quality in most cases require monitoring of changes/trends in soil quality over time. This approach involves selecting indicators that are sensitive to productivity of crops and measuring the changes in selected indicators reflect the combined effects of land use and climate. Soil quality is then evaluated by the trend lines as described by Pierce and Larson (12) and, Larson and Pierce (7). Mausbach and Seybold (8) noted that if the change in a soil quality indicator is positive and more is of better quality, then the soil could be regarded as improving or aggrading in quality. Conversely, if the trend line is negative, then soil quality is degrading.

One of the major handicaps of presently used methods of assessing soil quality is that too many indicators have variable effects and it is always difficult to establish baseline values for each indicator. Similarly, some measurement parameters may be important in a particular area and unimportant in other areas, this makes it impossible for generalization to be made. Finally, some indicators of soil quality are not directly sensitive to yield of crops and the fact that only one indicator cannot be used often adds to the confusion. According to the United States National Soil Erosion Soil Productivity Research Planning Committee (14) accurate estimates of future soil productivity are essential in making agricultural policy decisions and for planning the use of land from field scale to national level. Such task is enormous because it requires a method of quantifying soil productivity, large soil databases and a means of handling large quantities of information. Researchers are making effort to quantify the relationship between soil degradation and soil productivity. Wang and Gong (15) elucidated that understanding the effects of land use and soil management

practices on soil quality has been identified as one of the most important goals of modern soil science.

The objectives of this work were (a) to quantitatively evaluate the restorative and depletive effect of some crop and soil management practices on soil productivity using N as a soil quality indicator (b) to develop a soil productivity index for estimating safe (restorative) and unsafe (depletive) cropping systems using N as a soil quality indicator. The perspective of this kind of work is to produce promising approaches that will be used by farmers to predict *a priori* the effect of crop and soil management practices on soil productivity.

Material and methods

1. Soil characterization

This study was carried out for four consecutive planting seasons (1996, 1997, 1998 and 1999) on the University of Nigeria Teaching and Research Farm at Nsukka, Nigeria (latitude 06°52' N, longitude 07°24' E, mean elevation 400 m above sea level) with an average annual rainfall of 1600 mm (9). The soil is deep, porous and red to brownish red, derived from sandy deposits of false-bedded sandstone. It has an isohyperthermic temperature regime and is classified as Typic Paleustult (11).

2. Field study

A total land area of 64 x 28.5 m (1824 m²) was mapped out for the experiment. The experimental design was split-plot on a randomized complete block with two tillage techniques on the main plots and eight management practices on the sub-plots. The field was divided into 3 blocks measuring 20.5 x 28.5 m (584.25 m²) each. These were demarcated by 1 m wide pathways. Each block was further, divided into 8 experimental plots of 3 x 20 m (60 m²) each with 0.5 m alleys between them. The tillage techniques were - no tillage and 30 cm tillage on raised beds. The crop management practices were, NPK fertilizer, Manure + NPK fertilizer, Mulch + NPK fertilizer, and no application on maize and groundnut.

Weeds were removed with hoes in the "no till" plots and seed holes were made for planting while in the 30 cm tilled plots, conventional tillage implement (hoes) was used to till the soil to 30 cm depth.

The maize variety used was Oba super II, hybrid variety while the groundnut variety used was the erect type (Virginia, cultivar "Nwakara"). Poultry droppings was used as a source of organic manure at the rate of 20 t.ha⁻¹, Grass mulch (*Paspalum spp*) was used for the experiment and was applied at the surface at the rate of 3 t.ha⁻¹. Fertilizer (NPK 15: 15: 15) was applied banded at 5 cm depth and 10-15 cm radius at the rate of 300 kg.ha⁻¹. Maize and groundnut seeds were manually planted at 25 x 75 cm spacing, 5 cm deep and two seeds per hole in the appropriate plots. They were thinned down to one seed per hole, one

week after emergence leaving 320 plants per plot or 53 plants.ha⁻¹. Lost stands were replaced. The mulch and organic manure (poultry droppings) were applied at the appropriate plots one-week before planting.

The experimental area was kept relatively weed-free throughout the span of the experiment. This was done at three-week interval from planting date to harvest.

3. Observation and data collection

Yield data and soil samples were collected from different plots at the end of each planting season and used as a measure of assessment of the depletive and restorative effects of soil and crop management practices.

4. Laboratory methods

A composite soil sample (collected from 6 points) from each plot was analyzed in the laboratory for total nitrogen content using the Macro-Kjeldhal's method as proposed by Bremner (2).

5. Data analysis

The data collected from the experiment was analyzed using correlation, regression and analysis of variance test based on the split-plot design in randomized complete block according to the procedure outlined by Steel and Torrie (13).

Results and discussion

1. Soil properties and crop yield

The soil of the study site is red in color with a shallow a horizon. The structure is granular to massive and the horizon boundaries are diffuse and irregular (11). The lack of mottles indicates that they are well-drained soils. The detailed physico-chemical characteristics of this soil have been discussed earlier by Mbagwu (10), Igwe *et al.* (5) and Anikwe *et al.* (1).

The results of the study show that tillage did not significantly influence grain yield of maize and groundnut in the three seasons. Grain yield of maize and groundnut were significantly affected by four other soil management practices (Table 1). Cumulative results show that maize plots amended with manure + NPK had an over 8-fold increase in grain yield relative to the control. Other treatments (mulch + NPK and NPK alone) did not statistically affect grain yield of maize relative to the control (unamended plots). In groundnut plots amended with manure + NPK, cumulative data show that grain yield also increased ($P < 0.05$) by 123% relative to the control.

2. Soil productivity index (PI) for estimating safe or unsafe cropping systems

The percentage change in N content in relation to the change in crop seed yield under the different crop and soil management practices is presented in table 2.

Table 1
Effect of crop and soil management practice on grain yield (kg.ha⁻¹) of maize and groundnut during the 1996,1997 and 1998 planting season. Seed yield (kg.ha⁻¹)

Crop	Management practice	1996	1997	1998
Maize	NPK	1270	1194	1124
	Manure + NPK	4600	5344	6200
	Mulch + NPK	1440	1386	1328
	Control	730	680	620
	FLSD (P= 0.05)	171.7	69.7	66.69
Groundnut	NPK	640	608	580
	Manure + NPK	990	1181	1400
	Mulch + NPK	603	670	760
	Control	590	610	544
	FSLD (P= 0.05)	48.06	45.53	20.10

Table 2
Percent change in post harvest N and seed yield of maize and groundnut under different management practices

Crop	Management practice	Percent change in N			Percent change in seed yield	
		1996	1997	1998	1997	1998
Maize	NPK	-2.86	-2.94	-2.54	-5.98	-5.86
	Manure + NPK	+7.19	+5.33	+7.6	+16.17	-16.02
	Mulch + NPK	-1.38	-1.49	-1.42	-3.75	-4.18
	Control	-5.7	-6.0	-4.7	-6.84	-8.8
Groundnut	NPK	-1.38	-1.49	-1.42	-5.0	-4.6
	Manure + NPK	+10	+9.0	+8.4	+19.3	+18.5
	Mulch + NPK	+2.86	+2.78	+2.7	+11.1	+13.4
	Control	-2.85	-2.94	-4.5	-3.3	-5.9
NB	$\text{Pre-cropping N} = \frac{\text{Post harvest N in previous year} - \text{Post harvest N in the current year}}{\text{Post harvest N in previous year}}$			x	$\frac{100}{1}$	
	$\text{Pre-cropping yield} = \frac{\text{Yield in the previous year} - \text{yield in the current year}}{\text{Yield in previous year}}$			x	$\frac{100}{1}$	

These were used to develop an index of productivity rating (PI) to be used by farmers to calculate safe and unsafe cropping systems. The ascribed productivity index ratings are presented in table 3.

Table 3
Ascribed soil productivity index under eight management practices

Crop	Management practice	Productivity index (PI)
Maize	NPK	- 3.0
	Manure + NPK	+ 7.0
	Mulch + NPK	- 1.0
	Control	- 6.0
Groundnut	NPK	- 1.0
	Manure + NPK	+ 9.0
	Mulch + NPK	+ 3.0
	Control	- 3.0

NB ascribed productivity index (PI) was derived directly from the percent N change in each year for each management practice and is defined as average annual percent change in soil post harvest Nitrogen content.

The productivity index was derived directly from percentage change in soil N between 1996 and 1998 cropping seasons. The average annual percentage change in soil N for eight management practices was used as a dimensionless productivity index (PI). Because crop yields on these management practices had linear relationships with soil N content (Table 2), it is assumed that soil productivity would increase or decrease according to the changes in soil N content. The results (Table 3) indicate that the highest rating

was obtained in groundnut plots amended with poultry droppings + NPK (+ 9) whereas lowest rating (- 6) was observed in unamended maize plots. Similarly, maize plots amended with poultry droppings + NPK had productivity rating of + 7 whereas unamended groundnut plots recorded a productivity rating of - 3. These results also reveal that maize depletes soil productivity more than groundnut. More specifically, these ratings are meant to express the effect of growing maize or groundnut under different soil management practices on soil productivity. The productivity index is further expressed in the form in table 4.

Table 4
Soil productivity ratings for two crops and four management practices

Crop /soil management practice	Soil productivity index (PI)
1. Row crop (maize without amendments)	- 6.0
2. Application of 45 units of fertilizer to maize (300 kg. ha ⁻¹ NPK 15:15:15)	- 3.0
3. Application of manure + NPK to maize (20 t.ha ⁻¹ poultry droppings + 45 units of fertilizer)	+ 7.0
4. Application of mulch + 45 units of fertilizer to maize (3.0 t.ha ⁻¹ grass mulch)	- 1.0
5. Row crop (Groundnut without amendment)	- 3.0
6. Application of 45 units of fertilizer to groundnut	- 1.0
7. Application of manure + 45 units of fertilizer to groundnut	+ 9.0
8. Application of mulch + 45 units of fertilizer to groundnut	+ 3.0

Cook (4) assumed that:

- the productivity indices such as those shown in Table 4 would apply to soils to which the crops were edapho-climatically adapted,
- that full yields would be necessary or soil building effects could not be taken as credit,
- that credit for fertilizers should be taken only to the extent that yields were increased,
- that credits for manure (poultry droppings) could be increased or reduced depending on the nutrient content (quality) of the material.

3. Calculation of safe and unsafe cropping system

A productivity index can be used to calculate a safe or unsafe cropping system thus helping the farmer to predict *a priori* the effect of a given management practice he plans to adopt. For example, growing sole maize without any amendment to the soil for one year

will deplete soil fertility. This will result in soil productivity index rating of - 6, for each cropping season (Table 3). It represents a N loss of about 62 kg.N.ha⁻¹ in one season. Soil productivity can be improved in such a farm by adding poultry droppings + NPK in the second year. Thus soil productivity rating would be - 6 (for the first year) and + 7 (in the second year). This would be a better option for the farmer, as he would record soil productivity index of + 1 after the second year of planting.

The following hypothetical example (Table 5) is used to illustrate the use of this productivity index (PI) and to determine whether productivity would increase or decrease in the different cropping systems adopted.

Assume a four-hectare farm; each hectare is made up of a different management practice for five years as found in table 5. To calculate the productivity index at the end of the five years using productivity index table (Table 3) we have the PI values in table 6.

Table 5
Hypothetical five-year cropping programme using different crop and soil management practices

Year	1	2	3	4
1.	Sole maize + manure + NPK	Sole maize + NPK	Sole groundnut + manure + NPK	Sole maize, alone
2.	Sole maize , alone	Sole groundnut , alone	Sole maize, alone	Sole maize, alone
3.	Sole groundnut + mulch + NPK	Sole groundnut + mulch + NPK	Sole groundnut, alone	Sole maize, alone
4.	Sole groundnut + mulch + NPK	Sole groundnut + manure + NPK	Sole maize, alone	Sole maize ,alone
5.	Sole groundnut + manure + NPK	Sole groundnut + manure + NPK	Sole maize + mulch + NPK	Sole maize, alone

Table 6
Calculated productivity index for the crop and soil management practice on table 5

Year	1	2	3	4
1	+ 7.0	- 3.0	+ 9.0	- 6.0
2	- 6.0	- 3.0	- 6.0	- 6.0
3	+ 9.0	+ 3.0	- 3.0	- 6.0
4	- 1.0	+ 9.0	- 6.0	- 6.0
5	+ 9.0	+ 9.0	- 1.0	- 6.0
Total PI	+ 18.0	+15.0	- 7.0	- 30.0

This hypothetical five year cropping programme can show the farmer how to select the best cropping system to adopt depending on specific needs and availability of resources and inputs. The farmer would adopt the cropping system in field 1 if there were no other limitations to be considered. On the other hand, if he would not be able to adopt the practice in field 1, then, the practice in field 2 would be his next available alternative. This would be followed by fields 3 and 4 in that order as far as soil productivity is the basis for the choice. The hypothetical case shows that after ten years, the soil of field 1 would have the highest productivity whereas that of field 4 would have the lowest productivity. According to Cook (4), a positive productivity index would indicate a build-up of the soil productive capacity to optimum level.

4. Validation of the productivity index model

In the 1999-planting season, maize and groundnut were planted in their respective plots without amendments. The aim was to find out the residual effect of the crop and soil management practices on seed yield of maize and groundnut. The results from this experiment (Table 7) show a highly significant correlation between cumulative ascribed PI and residual yield of maize and groundnut ($r = 0.99$ at $P = 0.01$) respectively.

These results show that the ascribed productivity index rating can actually be used to estimate the depletive or restorative power of certain crop and soil management practices adopted by farmers.

The results (Table 8) show that plots with the highest post-harvest N content in 1998 season (third year) correspond to the plots with the highest residual seed yield of maize and groundnuts respectively.

Table 7
Relationship between ascribed productivity index (X) and some measured productivity indicators (y)

Parameter	Correlation coefficient (r)
PI versus post harvest N content (1996-1999)	0.92**
PI versus post harvest N 1998 alone	0.99**
Cumulative PI (3 years) Vs residual yield (1999) (maize)	0.99**
Cumulative PI (3 years) Vs residual yield 1999 (Groundnut)	0.98**

** Significant at $P = 0.01$

Also unamended plots with the lowest PI were the plots with the lowest post-harvest N in 1998 season and the plots with the lowest residual seed yield of maize and groundnut respectively.

Yield reductions were higher in maize plots compared to groundnut plots. For example, in maize plots amended with poultry droppings + NPK, a yield reduction of 80% was recorded in the residual planting year. This is in contrast with the corresponding groundnut plot where a yield reduction of 18% was recorded. Similarly, yield reduction of 62, 58 and 36% were obtained in maize plots amended with NPK alone, mulch + NPK and unamended plots respectively whereas corresponding groundnut plots recorded 5.5, 2.8 and 2.5% reduction in seed yield for plots amended with NPK alone, mulch + NPK and unamended plots respectively in the residual year. Thus maize exploits more N from the soil compared to

Table 8
Ascribed productivity index for two plant types and four management practices for 1996,1997 and 1998, Post –harvest soil N content (kg. ha^{-1}) (1998) and residual seed yield (kg. ha^{-1}) of maize and groundnut during the 1999 planting season

		Year (PI)			+Cumulative PI	Post harvest *residual yield N (kg. ha^{-1})	
		1996	1997	1998		1998	1999
Maize	NPK	- 3	- 3	- 3	- 9	997	428
	Manure + NPK	+ 7	+ 7	+ 7	+ 21	1318	1225
	Mulch + NPK	- 1	- 1	- 1	- 3	1039	564
	Control	- 6	- 6	- 6	- 18	916	394
F-LSD ($P = 0.05$)						186	63.73
Groundnut	NPK	- 1	- 1	- 1	- 3	1039	548
	Manure + NPK	+ 9	+ 9	+ 9	+ 27	1411	1152
	Mulch + NPK	+ 3	+ 3	+ 3	+ 9	1178	739
	Control	- 3	- 3	- 3	- 9	976	530
F-LSD ($P = 0.05$)						232.5	28.29

* Residual planting year (N^0 applications were made on the plots)
+ Cumulative PI (Summation of PI for 1996,1997 and 1998).

groundnut. This trend is clearly depicted in table 8. The groundnut plots had higher cumulative PI than the corresponding maize plots. Maize depletes soil N more than groundnut by about 6-7%. Mbagwu (10) reported that a 13% decrease in N content of unamended maize plots led a 33 percent decrease in yield and showed that N had good correlation with maize yield ($r= 0.82$ at $P= 0.05$).

Conclusion

Results from this work indicate that the ascribed productivity index method can be used to predict the

restorative or depletive power of crop and soil management practice. It must be emphasized however, that N is not the only factor that determines soil productivity. In fact, many factors interactively govern the appreciation and depreciation of soil productivity in a natural system like the soil. Although, the ascribed productivity index is dimensionless, the crop and soil management practices with negative PI correspond to those with negative changes in seed yield and *vice versa*.

Literature

1. Anikwe M.A.N., Obi M.E & Agbim N.N., 2003, Effect of crop and soil management practices on soil compactibility in maize and groundnut plots in a Paleustult in southeastern Nigeria. *Plant and Soils*. In press.
2. Bremner J.M., 1965, Total nitrogen. *In*: C.A. Black (Eds) *Methods of soil analysis*. Part II Agronomy, 9: 1149-1198. Am Soc. Agron., Madison, Wis.
3. Chen Z.S., 1999, Selecting indicators to evaluate soil quality. *Food and fertilizer tech. centre. Extension Bulletin* 473. Taiwan.
4. Cook R.L., 1962, *Fitting Crops to Soils*. Soil management for conservation and production. Macmillan Publishers. pp. 62-88.
5. Igwe C.A., Akamigbo F.O.R., Mbagwu J.S.C., 1995, Physical properties of soils of southern Nigeria and the role of some aggregating agents in their stability. *Soil Sci.* 160, 431-441.
6. Karlen D.L., Maubach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Hams R.F. & Schuman G.E., 1997, Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soils Sci. Soc. Am. J.* 61, 4-10.
7. Larson W.E. & Pierce F.J., 1994, The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *In*: *Defining soil quality for a sustainable environment*. J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdcek & B.A. Stewart (Eds) SSSA Spec. Pub. N° 35, Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 37-51.
8. Mausbach M.J. & Seybold C.A., 1998, Assessment of soil quality. *In*: R. Lal (Ed.) *Soil quality and agricultural sustainability*. Ann. Arbor. Press, Chelsea, Michigan USA. pp. 387.
9. Mbagwu J.S.C., 1991, Mulching an ultisol in southeastern Nigeria: Effects on soil physical properties and maize and cowpea yields. *J. Sc. Food Agric.* 57, 517-526.
10. Mbagwu J.S.C., 1992, Improving the productivity of a degraded ultisol in Nigeria using organic and inorganic amendments. Part 1: Effects on the chemical properties and maize yield. *Bioresource technology*, 42, 149-154.
11. Nwadior B.E., 1989, Landscape relationship in Udi-Nsukka plateau Nigeria. *Catena*, 12, 87-94.
12. Pierce F.J. & Larson W.E., 1993, Developing criteria to evaluate sustainability and management. *In*: *Proceeding of the eightieth international soil management workshop: Utilization of soil survey information for sustainable land use*, May 3, 1993. J.M. Kimble (Eds) USDA, Soil Cons. Serv. National Soil Survey Center, Lincoln, NE. pp. 7-14.
13. Steel G.D. & Torrie J.H., 1980, *Procedure of statistics: A biometrics approach*, 2nd Eds. Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York. pp. 633.
14. United States National Soil Erosion- Soil Productivity Research Planning Committee, 1981, Soil erosion effects on soil productivity. A research perspective *J. Soil and Water Cons.* 36, 82-90.
15. Wang X. & Gong Z., 1998, Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Soil and tillage research*, 48, 339-355.

M.A.N. Anikwe, Nigerian, PH.D. Soil science, Senior lecturer/researcher & head, Department of agronomy and ecological management, Enugu state University of science and technology, Enugu, Nigeria. Author's e-mail address: anikwema@yahoo.co.uk.

DANS LES UNIVERSITÉS...

UIT DE UNIVERSITEITEN...

IN THE UNIVERSITIES...

EN LAS UNIVERSIDADES...

Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon)

J.-D. Mbega

Keywords: Tropical river- Ogooué- Water chemistry- Fish taxonomy- Fish populations structure.

Résumé

La faune ichthyologique du bassin inférieur de l'Ogooué (rivière tropicale à plaine inondable) comporte 139 espèces de poissons dont 101 primaires, 35 périphériques et 3 secondaires. Sur les 101 espèces de poissons primaires recensées, 15 n'étaient pas encore connus de la zone. Au point de vue physico-chimique, les eaux sont généralement acides, à conductivité très faible (environ 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$), à dureté totale et à alcalinité élevées. L'étiage principal de la grande saison sèche s'accompagne dans la partie aval (zone deltaïque) d'une entrée massive de l'eau de mer qui induit une augmentation de tous les paramètres physico-chimiques de ce milieu. L'étude de la structure des peuplements ichthyologiques par les techniques statistiques d'analyses multivariées révèle une structuration longitudinale et transversale des peuplements ichthyologiques en relation avec les variables environnementales. Sur le plan longitudinal, s'opposent les espèces (*Liza falcipinnis*, *Ilisha africana*, *Plectrolychnus macrolepis*, *Monodactylus sebae*) inféodées aux eaux saumâtres et les espèces (*Oreochromis schwebischi*, *Xenocharax spilurus*, *Schilbe grenfelli*, *Parachanna obscura*, *Alestes macrophthalmus*) inféodées aux eaux douces. Sur le plan transversal, s'opposent les espèces inféodées aux milieux lenticques (*Oreochromis schwebischi*, *Tilapia cabrae*, *Xenocharax spilurus*, *Parachanna obscura*,) des zones forestière et lacustre caractérisées notamment par des valeurs de courant faibles et les espèces inféodées (*Schilbe grenfelli*, *Schilbe multitaeniatus*, *Pollimyrus marcheii*, *Petrocephalus simus*) aux milieux lotiques des zones forestière et lacustre caractérisées par des valeurs élevées de courant. Par les indices synthétiques (richesse spécifique, indice de diversité de Shannon et l'équitabilité), l'étude montre sur le plan longitudinal une opposition remarquable entre le milieu d'eau saumâtre peu diversifié et relativement instable et le milieu d'eau douce hautement diversifié et plus équilibré. Sur le plan transversal, s'opposent les milieux lenticques instables et relativement bien diversifiés aux milieux lotiques équilibrés bien que relativement bien diversifiés également.

Summary

Fish Biodiversity in the Lower-Ogooué River, Gabon

The fish fauna of the lower Ogooué basin (a large tropical, floodplain river) comprises 139 species, among which 101 are freshwater species, 35 brackish-water species, and 3 are freshwater species with some degree of salinity tolerance. Among the 101 common species, 15 had never been reported from the area. The physico-chemical analysis indicates the prevalence of slightly acidic waters with extremely low conductivity (roughly 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$), but high alkalinity and total hardness. The low water during the long dry season is associated, in the deltaic zone, with a massive input of seawater, resulting in rising values for all physico-chemical parameters. The study of fish population structure, using multivariate statistics, reveals the existence of both longitudinal and transversal structuring patterns that are related to environmental variables. On the longitudinal axis, brackish water species (*Liza falcipinnis*, *Ilisha africana*, *Plectrolychnus macrolepis*, *Monodactylus sebae*) are segregated from freshwater species (*Oreochromis schwebischi*, *Xenocharax spilurus*, *Schilbe grenfelli*, *Parachanna obscura*, *Alestes macrophthalmus*). On the transversal axis, limnophilic species (*Oreochromis schwebischi*, *Tilapia cabrae*, *Xenocharax spilurus*, *Parachanna obscura*), that are abundant in lacustrine and forested areas where currents are weak, are separated from the rheophilic species (*Schilbe grenfelli*, *Schilbe multitaeniatus*, *Pollimyrus marcheii*, *Petrocephalus simus*) that thrive in forest streams and typically lotic environments. Using synthetic indices (specific richness, Shannon's entropy, equitability), this study demonstrates a remarkable longitudinal contrast between brackish environments, which are relatively unstable and harbour the lowest diversity, and freshwater environments that are more stable and support highly diversified communities. On the transversal

axis, another contrast is visible between relatively unstable lentic, and stable lotic environments, despite the fact that both are characterised by well diversified communities.

Date de présentation: 1^{er} mars 2004/Date of presentation: March 1, 2004

ISBN: 2-87037-434-8

Dépôt légal/Copyright: D/2004/1881/2

Langue: Français/French

Références bibliographiques/Bibliographic references: 298

Nombre de pages/Number of pages: 614

Nombre de figures/Number of figures: 137

Nombre de tableaux/Number of tables: 94

Nombre de pages annexes/Number of annexes: 66

Composition du jury/Composition of the thesis committee:

Prof. J.C. Micha, promoteur/promoter, F.U.N.D.P.

Prof. P. Kestemont, F.U.N.D.P.

Prof. E. Depiereux, F.U.N.D.P.

Dr. J.C. Philippart, ULg

Prof. D. Thys Van den Audenaerde, KUL, MRAC

Résultat: Doctorat en Sciences/Results: PhD in Sciences

Département de Biologie, Facultés des Sciences, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (F.U.N.D.P.), Namur, Belgique

J.-D. Mbega, Gabonais, Directeur à Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (I.R.A.F.), Chercheur au laboratoire d'hydrobiologie et d'ichtyologie à l'Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (I.R.A.F.), B.P. 2246 Libreville, Gabon

E-mail: jdmbeqa@yahoo.fr / jean-daniel.mbeqa@fundp.ac.be

Reçu et accepté pour publication le 08.03.04.

ORGANISATION

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

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

Agri-Overseas a.s.b.l. se compose de membres individuels et des institutions belges suivantes: les quatre Facultés en Sciences agronomiques de Belgique, (Gembloux, Gent, Leuven et Louvain- La- Neuve), les deux Facultés en Médecine vétérinaire (Gent et Liège), le Département de Santé animale de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers (Antwerpen), la Section Interfacultaire d'Agronomie de l'Université Libre de Bruxelles, les Facultés Universitaires de Notre Dame de la Paix (Namur), la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (Arlon), la Direction Générale de la Coopération Internationale.

Conseil d'administration

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

Comité de rédaction

Le comité de rédaction de TROPICULTURA est constitué du Dr Ir G. Mergeai, Rédacteur en Chef, et des Rédacteurs délégués suivants: le Professeur Dr J. Deckers pour "l'Ecologie, la Fertilité des sols et les Systèmes d'exploitation", le Professeur Dr J.-C. Micha pour « les Pêches et la Pisciculture », le Dr E. Thys pour «la Production animale et le Gibier», le Professeur Dr Ir P. Van Damme pour «l'Agronomie et la Foresterie», le Professeur J. Vercruysse pour «la Santé Animale» et Ir F. Maes, Collaborateur scientifique. Le secrétariat traite directement les autres sujets relevant de la compétence de la revue (économie, sociologie, etc...).

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2004 Vol. 22 N° 1

Four issues a year (January- February- March)

CONTENTS

EDITORIAL

Training in Research for Development (*in French*)

H. Gérard 1

ORIGINAL ARTICLES

Effects of Agricultural Land Use Practices on Clay Content and Related Agronomic Properties of an Oxisol in Southern Cameroon (*in French*)

M. Yemefack, L. Nounamo, Rosaline Njomgang & P. Bilong 3

Ethnonutritional Data and Physicochemical Characteristics of Consumed leafy Vegetables in the Adamawa Savannah (Cameroon) (*in French*)

C. Tchiégang & K. Aissatou 11

Contingent Constraints to a Technology Adoption. Constraints Contingent Evaluation to Soils Fertilisation Using Maize-Mucuna-Mineral Fertilizer System in the Southern Part of Togo (*in French*)

V. Deffo, Sylvie M. Hounzangbe-Adoté, R. Maliki, H.H.M. Ould Ferroukh & E. Torquebiau 19

Effects of Substitution of Soybean Meal by Urea on Growth Performance of Tunisian Local Breed Lambs (*in French*)

M. Mahouachi, Naziha Atti, H. Rouissi & Maha Tissaoui 26

Influence of Level of Cottonseed Cake in the Diet on the Feed Intake, Growth Performance and Carcass Characteristics of Guinea Pigs in Cameroon (*in English*)

A.T. Niba, J. Djoukam, A. Tegua, A.C. Kudi & J.O. Loe 32

Quantifying the Effects of Crop and Soil Management Practices on Soil Productivity Using N as a Soil Quality Indicator (*in English*)

M.A.N Anikwe 40

IN THE UNIVERSITIES...

Fish Biodiversity in the Lower-Ogooué River, Gabon (*in French*)

J.-D. Mbega 47

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

