

TROPICULTURA

TROPICULTURA

2005 Vol. 23 N° 1

Four issues a year (January- February- March)

CONTENTS

EDITORIAL

... *In memoriam*....and....*ad futurum*... (*in French*)
J. Hardouin 1

ORIGINAL ARTICLES

Commercialization of Edible Caterpillars in Central African Republic (*in French*)
E. Mbétid-Bessane 3

Effects of Iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) on the Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* sp.) in Tomato (*in French*)
T.K. Tabula, P. Madoungou & L. Bayonne 6

Screening for Properties of some Strains of Lactobacilli with Potentials Applications as Starter Culture for cassava fermentation (*in French*)
R. Djouldé Darman, F.-X. Etoa, J.-J. Essia Ngang & C.M.F. Mbofung..... 11

Effect of Stocking Density on Performance of Growing Rabbits in Semi-Humid Tropics (*in English*)
T. Iyeghe-Erakpotobor Grace & S.A.S Olorunju 19

Feeding Preferences of *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) to some Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones (*in French*)
A.M. Badegana, J. Amang & J.M. Mpe 24

Factors Affecting the Adoption of Fodder Crops in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) Peri-urban Dairy Farms (*in French*)
S. Hamadou, M. Kamuanga, A.T. Abdoulaye & J. Lowenberg-Deboer 29

The Utilization of Acid Ensiled Fish Waste and Sugar Refinery By-Product in Diets for Growing-Finishing Pigs (*in English*)
M. Prosper, A. Stanley, M. Campbell & C.H.O. Lallo. 36

Thermorespiratory Response of West African Dwarf Does to Progestage in Injection (*in English*)
G.N. Egbunike, S.I. Ola, K.R. Adegboye, H.A. Abe & F.A. Ogundana 43

Dry Season Effect on Live Weight and some Body Dimensions of Working Donkeys in the Sudano-sahel Region of Cameroon (*in English*)
A.L. Ebangi & E. Vall..... 48

Variations in Litter Production and Nutrient Supply in Plantations of Limba (*Terminalia superba*) in Congo (*in French*)
J. Goma-Tchimbakala, Mireille Ndongou-Hockemba, A. Kokolo & A.N.S. Mboussou-Kimbangou.... 53

DGDC'S ACTIVITIES..... 60

LETTERS..... 63

2005 Vol. 23 N° 1

Trimestriel (janvier- février- mars)

Driemaandelijks (januari- februari- maart)

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



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

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

du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
et Coopération au Développement
www.dipobel.fgov.be,
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS
www.dgdc.be

de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
en Ontwikkelingssamenwerking
www.dipobel.fgov.be
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X

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



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



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIALES

... *In memoriam*....et....*ad futurum*...

... *In memoriam*....en....*ad futurum*...

... *In memoriam*....y....*ad futurum*...

J.Hardouin 1

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Commercialisation des chenilles comestibles en République Centrafricaine

Commercialisering van eetbare rupsen in Centraal Afrikaanse Republiek

Comercialización de orugas comestibles en República Centroafricana

E. Mbétid-Bessane 3

Effets de l'iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* sp.) parasites de tomate

Effecten van iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) op kieuwdekselnematoden (*Meloidogyne* sp.) parasieten van tomaten

Efectos de la iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) sobre el nematodo a agalla (*Meloidogyne* sp.) parásito del tomate

T.K. Tabula, P. Madougou & L. Bayonne 6

Screening des microorganismes à potentialités fermentaires pour le manioc

Screening van micro-organismen met fermentatiepotentieel voor maniok

Selección de microorganismos con potenciales de fermentación para la yuca

R. Djouldé Darman, F.-X. Etoa, J.-J. Essia Ngang & C.M.F. Mbofung 11

Effect of Stocking Density on Performance of Growing Rabbits in Semi-Humid Tropics

Effet de la densité sur la croissance des lapins en zone tropicale semi-humide

Effect van de bevolkingsdichtheid op de groeiprestaties van konijnen in half vochtig tropengebied

Efecto de la densidad en el crecimiento de los conejos en zona tropical semi-húmeda

T. Iyeghe-Erakpotobor Grace & S.A.S Olorunju 19

Préférences alimentaires de *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) vis-à-vis de quelques clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.)

Voedingsvoorkeuren van *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) ten aanzien van enkele klonen van cacaobomen (*Theobroma cacao* L.)

Preferencias alimentarias de la *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) con relación a algunos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

A.M. Badegana, J. Amang & J.M. Mpe 24

Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers péri-urbains de Bobo-Dioulasso Burkina Faso

Factoren die de adoptie van voederplantenteelt beïnvloeden in peri-urbane melkveehouderijen in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Factores que afectan la adopción de cultivos forrajeros en las explotaciones suburbanas de ganado lechero de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

S. Hamadou, M. Kamuanga, A.T. Abdoulaye & J. Lowenberg-Deboer 29

The Utilization of Acid Ensiled Fish Waste and Sugar Refinery By-Product in Diets for Growing-Finishing Pigs

L'utilisation des déchets de poisson ensilés dans l'acide et du sous-produit du sucre de raffinage dans les régimes des cochons en croissance, en voie de finition

Gebruik van zuur visafvalkuivoeder en geraffineerde suikerbijproducten in het dieet van mestvarkens in eindfase

Utilización de residuos de pescado ensilado en ácido y de subproductos del azúcar de refinación en las dietas de cerdos en crecimiento y en periodo final de engorde

M. Prosper, A. Stanley, M. Campbell & C.H.O. Lallo 36

Thermorespiratory Response of West African Dwarf Does to Progestagen Injection

Réponse thermorespiratoire de la chèvre naine ouest-africaine à l'injection de progestatif

Thermorespiratorische reactie van de West Afrikaanse dwerggeit aan injectie van progestageen

Respuesta termo-respiratoria de la cabra enana oeste africana a la inyección de progestágeno

G.N.Egbunike, S.I.Ola, K.R.Adegboye, H.A.Abe & F.A.Ogundana 43

Dry Season Effect on Live Weight and some Body Dimensions of Working Donkeys in the Sudano-sahel Region of Cameroon

Effet de la saison sèche sur le poids et quelques dimensions du corps des ânes de traits de la région soudano-sahélienne du Cameroun

Effect van het droge seizoen op het gewicht en op sommige lichaamsmaten van drachtezels in een Soedano- Sahelisch gebied van Kameroen

Efecto de la temporada seca sobre el peso vivo y el tamaño del cuerpo de los burros en la región sudanosaheliana del Camerún

A.L. Ebangi & E. Vall 48

Variations des apports de litière et d'éléments minéraux dans les plantations de limba (*Terminalia superba*) au Congo

Variaties in aanbod van strodek en mineralen in plantages van Limba (*Terminalia superba*) in Kongo

Variación de la producción de hojarasca y del aporte en sustancia nutritiva en plantaciones de Limba (*Terminalia superba*) en Congo

J. Goma-Tchimbakala, Mireille Ndondou-Hockemba, A. Kokolo & A.N.S. Mboussou-Kimbangu 53

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS/LAS ACTIVIDADES DEL DGCD 60

COURRIER/LEZERSBRIEVEN/CORREO 63

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned

Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs

De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)

Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen únicamente la responsabilidad de los autores

EDITORIAL

EDITORIAAL

EDITORIALES

..... In memoriam..... etad futurum.....

Le numéro spécial de notre revue paru il y a peu de temps a été l'occasion de dresser un «Bilan des vingt premiers volumes de Tropicultura», en guise de prélude aux quelques textes de synthèse et aux très nombreux index constitués. Ce fut aussi le moment de relire ce qui avait été écrit dans le numéro 4 du volume 10 (1992). Même intérêt, même analyse, mêmes types de collaborations, même soutien de la part de l'Administration de la Coopération au Développement devenue depuis Direction Générale.

Les hasards du destin ont voulu que la période de célébration de cet événement heureux a précédé de peu la disparition de deux des membres fondateurs de notre revue: les professeurs Jos Mortelmans et Pasteur Kageruka. Une brève présentation des contributions de ces deux éminentes personnalités au développement des pays du Sud est reprise dans les pages de ce numéro.

Très écouté dans de nombreuses sphères nationales et internationales, le Professeur Jos Mortelmans m'avait communiqué son enthousiasme et sa volonté de maintenir la réputation de la Belgique à travers tous les organismes et auprès de toutes les personnes concernées par le développement rural en milieu tropical. Partager notre savoir, transmettre notre expertise, développer notre enseignement, cibler nos recherches, Il y en avait pour plusieurs vies, sachant cependant fort bien que la réussite est impossible sans participation locale. Embarqué comme moi par «Capitaine Mortelmans», le Professeur Pasteur Kageruka fut aussi parmi ses «lieutenants», ramenant toujours des informations récentes de ses séjours à l'étranger et apportant en même temps sa petite touche personnelle incomparable. Et tous les trois, enchantés chaque fois que nous avions la grande joie de retrouver sur leur terrain de travail (souvent leur pays natal) nos anciens étudiants grimant peu à peu dans les hiérarchies locales.

Ce fut toujours un plaisir pour nous, et pour bien d'autres, d'apercevoir notre «revue verte» sur un bureau ou dans une bibliothèque! Et aussi un défi de convaincre les acteurs de terrain, coopérants ou volontaires, experts ou assistants débutants, pour qu'ils fassent part de leurs réussites ou de leurs problèmes, de leurs résultats ou de leurs recettes, de leurs suggestions ou de leurs constants. Etre à l'écoute, accepter les différences, admettre d'autres conceptions, encourager les initiatives, soutenir les idées originales,beaucoup l'ont fait également avec énormément de satisfaction intime.

De nos jours, on est plutôt noyé dans les publications de tous ordres et de tous niveaux. Tropicultura occupe un créneau unique où le sérieux scientifique est toujours présent mais en étant maintenu là où il est utilisable pour ses lecteurs. C'est ce qu'avait voulu le comité de l'association sans but lucratif Agri-Overseas qui publie la revue Tropicultura. Ses fondateurs Jos Mortelmans, Pasteur Kageruka et moi-même, tous trois attachés au Département de Production et Santé Animales Tropicales de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers, étaient parvenus à mettre d'accord en trois réunions toutes les Facultés d'Agronomie et les Facultés de Médecine Vétérinaires du pays. Le premier numéro était diffusé en avril 1982, seulement 15 mois après la fondation officielle de l'association! La revue n'a jamais cessé de paraître depuis lors.

Je pense que tous deux auraient été très heureux d'apprendre la nouvelle de la continuation du soutien à la publication de notre revue qu'a décidé d'apporter la DGCD pour les deux années qui viennent et qu'au moment de célébrer leur mémoire nous puissions tourner avec confiance nos regards vers le futur. Comme annoncé dans le dernier éditorial du numéro 22, cette continuation s'accompagnera d'une plus grande mise en évidence des activités réalisées dans ou en collaboration avec les institutions scientifiques belges grâce au support de la coopération belge au niveau du développement durable des régions tropicales. Pour inaugurer ce changement éditorial, nous avons choisi de vous présenter dans ce numéro les réalisations de plusieurs projets de coopération universitaire soutenus par la Belgique.

Jacques Hardouin
Professeur Honoraire

Membre fondateur de Tropicultura et rédacteur en chef de 1983 à 1995.

In memoriam..... andad futurum.....

The special number of our Journal published a short while ago gave us the opportunity to draw up a “Review of the first twenty volumes of Tropicultura”, as a prelude to several synopsis texts and to the numerous indexes carried-out. It was also the occasion to re-read what had been written in Number 4 of Volume 10 (1992). Same interests, same analysis, same kinds of collaboration, same support from the “Administration de la Coopération au Développement” since re-named “Direction Générale”.

Fate has it that the celebration period of this happy event has been shortly preceded by the death of two of the founding members of our Journal: professors Jos Mortelmans and Pasteur Kageruka. A brief presentation of the contributions of these two eminent personalities in the development of Southern countries is included in the pages of this volume.

Very well thought of in numerous national and international circles, Professor Jos Mortelmans had given me his enthusiasm and his wish to maintain the reputation of Belgium throughout all the organisms and all the people concerned with rural development in tropical areas. Share our knowledge, pass on our know-how, develop our teaching skills, define our research,There was enough work for several lifetimes, knowing very well nevertheless that success is impossible without local help. Taken on board by “Captain Mortelmans”, Professor Pasteur Kageruka was also amongst his “lieutenants”, always bringing up to date information back from his trips abroad and adding at the same time his incomparable personal touch. All three of us were delighted each time we could meet up with our old students, climbing progressively the local hierarchies in their work place (often their mother country).

It was always a pleasure for us, and for many others, to spot our «green journal » on someone’s desk or in a library! And also a challenge to convince field actors, co-workers or volunteers, experts or beginner assistants, so that they shared their success stories or their problems, their results or their profits, their suggestions or their constants. To listen to others, accept differences, admit others conceptions, encourage initiatives, support original ideas, many have also done it with lots of personal satisfaction.

Nowadays, we are surrounded by all types and levels of publications. Tropicultura fills a unique gap where scientific rigour is always present but maintained at a usable level for its readers. This was the wish of the committee of non-profit association Agri-Overseas which publishes the Journal Tropicultura. Its founding members Jos Mortelmans, Pasteur Kageruka and myself, all three from the “Animal Production and Health Department” of the “Institute of Tropical Medicine, Antwerp” had managed in three meetings to get an agreement from all the Faculties of Agronomy and the Faculties of Veterinary Medicine. The first volume was published in April 1982, only 15 months after the official foundation of the association! The Journal has never failed to be published since.

I believe that both of them would have been very happy to hear that the “DGDC” has decided to continue to support the publication of our Journal for the next two years and that now that we are commemorating them we can look confidently towards the future. As announced in the latest editorial of Volume 22, this continuation will be followed by a wider development of activities carried out in or in collaboration with Belgian scientific institutions, thanks to the support of Belgian Co-operation at the level of sustainable development in tropical regions. To inaugurate this editorial change, we have chosen in this volume to present the achievements of several university co-operation projects supported by Belgium.

Jacques Hardouin
Honorary Professor
Founding Member of Tropicultura and chief editor from 1983 to 1995.

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Commercialisation des chenilles comestibles en République Centrafricaine

E. Mbétid - Bessane*

Keywords: Commercialization- Edible caterpillars- Central African Republic

Résumé

Les chenilles comestibles représentent une ressource alimentaire non conventionnelle de grande importance économique et sociale en République Centrafricaine. C'est une source de protéines et de diversification alimentaire pour les populations. L'analyse de la commercialisation des chenilles, à partir d'un échantillon de 120 acteurs, montre que le ramassage et la vente sont des activités rentables et que les principaux acteurs sont des élèves en vacances. Ces activités permettent aux élèves de mieux préparer leur rentrée scolaire et, pour celles qui ont des mauvais résultats scolaires, de s'insérer dans la vie active comme commerçantes de fruits et légumes.

Summary

Commercialization of Edible Caterpillars in Central African Republic

The edible caterpillars are an unconventional food resource of great economic and social importance in Central African Republic. It is a source of proteins and food diversification for the population. The analysis of caterpillar commercialization, from a sample of 120 actors, shows that collection and sale are profitable activities. The main actors are pupils or students during holidays. These activities help the students to prepare school opening and for those who get bad school results to insert themselves in active life as fruit and vegetable salers.

Introduction

Les espèces animales et végétales qu'on trouve à l'état naturel et qui sont consommées par l'homme, dites ressources alimentaires non conventionnelles, jouent un rôle substantiel dans l'alimentation des populations des pays en développement (11). En Afrique, en dépit des efforts fournis pour accroître la production alimentaire, la malnutrition persiste notamment en milieu rural. Ainsi, à travers le séminaire de formation des formateurs sur le petit gibier à Cotonou au Bénin en 1991 et l'atelier sur la promotion des ressources alimentaires non conventionnelles à Douala au Cameroun en 1992, il a été reconnu que ces ressources alimentaires non conventionnelles peuvent aider à lutter contre la malnutrition dans les pays africains (1). Les nombreuses études relatives aux chenilles comestibles d'Afrique tropicale en témoignent (3, 5, 10). Ces études ont été revues à l'occasion d'un colloque «Les insectes dans la tradition orale» organisé à Villejuif en France du 3 au 6 octobre 2000 (4).

En République Centrafricaine, parmi les ressources alimentaires non conventionnelles, on retrouve les chenilles, champignons, escargots, insectes, etc. Les chenilles se consommaient traditionnellement dans la préfecture forestière de la Lobaye située au sud-

ouest de la capitale Bangui. Petit à petit, la consommation des chenilles est apparue à Bangui, à cause de leur chair qui est très appréciée par la population. De nos jours, l'ensemble du territoire national en consomme et c'est entré dans les habitudes alimentaires des Centrafricains.

L'objet de cet article est d'analyser les circuits commerciaux des chenilles comestibles à Bangui et la rentabilité financière des activités des différents acteurs impliqués.

Méthodes

L'étude a porté sur les villages alignés le long de la route de Mbaïki et sur le marché du poste kilométrique 5 (PK5) qui est le plus grand centre commercial des chenilles comestibles. Elle a duré 2 mois environ, de juillet à août 2002. L'échantillon retenu pour cette étude est constitué des différents acteurs impliqués dans le commerce des chenilles: 40 ramasseurs, 40 revendeuses et 40 consommateurs, soit un total de 120 acteurs. Ces acteurs ont été choisis d'une manière aléatoire le jour même des entretiens sur le marché. Les données ont été collectées moyennant des guides d'entretien semi-directifs, destinés aux différents ac-

* Université de Bangui, Faculté de Droit et des Sciences Economiques.
BP. 1983, Bangui, République Centrafricaine — E-mail: mbetid@hotmail.com
Reçu le 13.11.03. et accepté pour publication le 23.01.04.

teurs faisant partie de l'échantillon. Un type de guide a été conçu pour chaque type d'acteur (un spécimen des guides d'entretien est disponible pour les lecteurs intéressés). Ces données collectées ont porté sur les quantités ramassées, consommées et commercialisées, sur les circuits de commercialisation ainsi que sur les coûts liés à chaque activité. La rentabilité financière de chaque activité a été analysée en utilisant la méthode coûts/bénéfices. Les produits bruts ont été estimés à partir des flux monétaires issus de la vente des chenilles. Les charges ont concerné la main-d'œuvre et les frais de commercialisation; la main-d'œuvre est valorisée au prix du marché, 500 et 1.000 FCFA (1 Euro= 655 FCFA) par journée de travail respectivement pour les ramasseurs et les revendeuses. Les marges bénéficiaires brutes ont été déterminées en déduisant les charges des produits bruts.

Les chenilles se vendent en petits tas de 50 FCFA, 100 FCFA voire 200 FCFA. Pour avoir une même base de calcul, l'unité de mesure retenue est le kilogramme

Résultats et discussions

Zones d'approvisionnement et statuts sociaux des acteurs

Les chenilles comestibles vendues sur le marché de PK5 proviennent des villages alignés le long de la route de Mbaïki. La majorité des ramasseurs sont des hommes (85%) dont 88% sont des élèves du cycle primaire et du cycle secondaire. Le ramassage des chenilles n'est pas une activité principale en milieu rural car il ne dure qu'au maximum deux mois dans l'année (juillet et août). Cette période coïncide avec celle des vacances scolaires, ce qui amène le plus souvent les élèves rentrés aux villages à se lancer dans cette activité pour préparer leur rentrée scolaire.

En revanche, la revente des chenilles est une activité assurée par des femmes (100%). Comme pour le ramassage, on note que 75% des revendeuses sont des élèves du cycle secondaire qui cherchent à s'occuper pendant les vacances. C'est souvent une activité secondaire pour les 25% des revendeuses qui sont des commerçantes de fruits et légumes (2, 9), mais elle peut devenir leur principale activité pendant la période de ramassage.

Ramassage des chenilles

Le ramassage des chenilles se fait très tôt le matin quand elles tombent des arbres. Les ramasseurs quittent le village vers 4 heures du matin pour rentrer en forêt, munis de cuvettes et de seaux. Ils marchent en moyenne 1 heure pour arriver aux sites et le ramassage se fait généralement entre 5 et 8 heures du matin. En moyenne, le temps consacré au ramassage est de 5 heures par jour, ce qui correspond à la moitié de la journée de travail (JT) consacrée aux activités agricoles pendant la même période (6), pour 3,5 kg de chenilles obtenus par personne. De cette collecte, 0,5 kg de chenilles est réservé pour l'autoconsommation de la famille et 3 kg sont destinés au marché. Une fois de retour aux villages vers 9 heures du ma-

tin, les ramasseurs qui ont des travaux champêtres à exécuter peuvent encore les réaliser.

Circuits commerciaux des chenilles

Les chenilles alimentaires sont disponibles sur le marché de juillet à août. Les circuits de commercialisation sont diversifiés et animés par différents acteurs. On distingue ainsi deux circuits de commercialisation des chenilles:

Ramasseurs → Consommateurs C1

Ramasseurs → Revendeuses → Consommateurs C2

Le circuit C2 est le plus fréquent, il assure l'acheminement aux consommateurs de 92% de la quantité de chenilles ramassées. Les revendeuses, constituées à plus de 80% des élèves en vacances, y ont un rôle prédominant par leur importance dans la vente en détail aux consommateurs. Les grossistes n'existent pas dans le système de commercialisation des chenilles contrairement aux filières agricoles classiques (7, 8). Le circuit direct n'achemine aux consommateurs donc qu'environ 8% de la quantité de chenilles ramassées. Ces consommateurs sont le plus souvent des fonctionnaires en week-end qui en profitent pour s'approvisionner directement auprès des ramasseurs.

Les échanges entre les ramasseurs et les revendeuses se font dans les villages, ce qui amène les dernières à se déplacer vers les premiers tout en supportant les coûts de transport. Ainsi les prix pour les consommateurs du circuit C1 et les revendeuses du circuit C2 sont identiques (1.000 FCFA/kg). En revanche, le prix à la consommation du circuit C2 est le double de celui du circuit C1 (2.000 FCFA/kg). Le prix au ramasseur représente donc 50% du prix à la consommation au niveau du circuit C2. Toutefois, le prix de chenilles est à la portée de tous les consommateurs: 50 FCFA, 100 FCFA et 200 FCFA selon les tas.

Rentabilité du ramassage et de la vente des chenilles

Pour mieux apprécier la rentabilité des activités de ramassage et de vente des chenilles comestibles, on a établi une esquisse de compte d'exploitation. Pour les ramasseurs, les charges sont liées au temps utilisé alors que pour les revendeuses, outre le temps, il y a aussi les frais de commercialisation relatifs au transport et à la taxe du marché (Tableau 1).

Pour les ramasseurs, les charges de l'activité liées à la main-d'œuvre ne représentent qu'environ 8% du produit brut. Cette activité ne nécessite pas un capital de départ; elle est donc à la portée de tous. La marge bénéficiaire brute dégagée par un ramasseur par jour est de 2.750 FCFA. Il valorise donc la journée de travail effective à 5.500 FCFA, ce qui est plus intéressant par rapport à plusieurs activités en milieu rural (6). Comme le ramassage se fait tous les jours, même le dimanche avant d'aller à l'église ou aux lieux de culte, les ramasseurs dégagent en moyenne une marge bénéficiaire brute de 82.500 FCFA par mois.

Pour les revendeuses, les charges commerciales s'élèvent à 12.500 FCFA et représentent environ 62%

Tableau 1
Résultats économiques bruts de l'activité journalière en FCFA

Acteurs	Charges	Produit brut
Ramasseur	Main-d'œuvre:	Vente de chenilles:
	0,5 JT x 500F/JT = 250 F	3 kg x 1.000 F/kg = 3.000 F
	Marge bénéficiaire brute= 2.750 F	
	3.000 F	3.000 F
Revendeuse	Achat chenilles:	Vente de chenilles:
	10 kg x 1.000F/kg = 10.000 F	10 kg x 2.000F/kg = 20.000 F
	Transport et taxe du marché:	
	= 1.500 F	
	Main-d'œuvre:	
	1JT x 1.000 F/JT = 1.000 F	
	Marge bénéficiaire brute= 7.500 F	20.000F
	20.000 F	

du produit brut. La marge bénéficiaire brute dégagée par une revendeuse est de 7.500 FCFA par journée de travail, ce qui est supérieur à celle du ramasseur. Pour 1 FCFA dépensé, elle gagne 0,6 FCFA en plus. Si la revendeuse se consacre à la vente des chenilles pendant toute la période, elle dégage une marge bénéficiaire brute de 225.000 FCFA par mois. Par ailleurs, on note qu'environ 62% des élèves revendeuses qui n'ont pas eu de bons résultats scolaires ne sont pas retournées à l'école. Avec l'argent généré par la vente des chenilles, elles se sont installées comme commerçantes de fruits et légumes.

Utilisation des chenilles comestibles

L'utilisation des chenilles est limitée à la consommation humaine. Elles sont très prisées par toutes les catégories sociales en milieu rural comme en milieu urbain. Les consommateurs les apprécient pour trois principales raisons. En effet, 50% des consommateurs estiment que les chenilles sont très nutritives, 40% des consommateurs préfèrent les chenilles pour la saveur et 10% des consommateurs mangent les chenilles puisqu'ils pensent que c'est leur coutume.

En ce qui concerne la fréquence de consommation en juillet et août, 30% des consommateurs mangent les chenilles une fois par jour sous différentes formes, 40% les consomment une fois tous les deux jours et 30% les consomment de temps en temps. Les différentes formes de consommation sont en friture ou en sauce. Environ 60% des consommateurs préfèrent les chenilles frites, 35% la sauce avec les chenilles blanchies et 5% la sauce avec les chenilles séchées.

Conclusion

Les chenilles comestibles sont une ressource alimentaire non conventionnelle de grande importance économique et sociale pour les populations centrafricaines, particulièrement pour les élèves en vacances. C'est aussi une source de protéines et de diversification alimentaire. En outre, le ramassage et la vente des chenilles permettent aux élèves en vacances de mieux préparer leur rentrée scolaire, et pour ceux qui ont des mauvais résultats scolaires de s'insérer dans la vie active comme commerçantes de fruits et légumes.

Références bibliographiques

1. Ekoué S. & Kuevi-Akue K., 2002, Enquête sur la consommation, la répartition et l'élevage des escargots géants au Togo. *Tropicultura*, **20**, 1, 17-22.
2. Layenzoli G.F., 1998, Les marchés des bananes à Bangui: analyse des circuits de commercialisation. Mémoire de maîtrise en sciences économiques, Université de Bangui, 53 p.
3. Malaisse F., Demesmaecker A., Matera J., Wathelet B. & Lognay G., 2003, Enfin "Tubambe" dévoile son identité! *Hadraphe ethiopica* (Bethune-Baker) (Limacodidae), une chenille comestible des forêts claires zambéziennes. *Biotech. Agron. Soc. Environ.* **7**, 2, 67-77.
4. Malaisse F. & Lognay G., 2003, Les chenilles comestibles d'Afrique tropicale pp. 271-295, in: E. Motte-Florac, JMC. Thomas (Editeurs), *Les insectes dans la tradition orale*, Paris.
5. Malaisse F. & Parent G., 1980, Les chenilles comestibles du Shaba méridional au Zaïre. *Naturalistes Belg.* **61**, 1, 2-24.
6. Mbétid-Bessane E. & Bésacier C., 1996, Typologie des exploitations agricoles de la région forestière du sud-ouest de la République Centrafricaine. ICRA, Bangui, 120 p.
7. Mbétid-Bessane E. & Bokossy N., 1997, Etude de la filière oignon dans la direction de développement agricole centre-ouest de la Centrafrique. Rapport de consultation, FAO/PNUD, Bangui, 37 p.
8. Mbétid-Bessane E. & Bokossy N., 1998, Etude de la filière pomme de terre dans la direction de développement agricole centre-ouest de la Centrafrique. Rapport de consultation, FAO/PNUD, Bangui, 32 p.
9. Ngarasso J.E., 1997, Les marchés de légumes à Bangui: organisations et possibilités d'amélioration. Mémoire de maîtrise en sciences économiques, Université de Bangui, 43 p.
10. Roulon-Doko P., 1998, Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique. L'Harmattan, Paris, 540 p.
11. Sodjinou E., Biaou G. & Codjia J.C., 2002, Caractérisation du marché des escargots géants africains (achatines) dans les départements de l'Atlantique et du littoral au Sud-Bénin. *Tropicultura*, **20**, 2, 83-88.

E. Mbétid-Bessane, Centrafricain, Docteur (nouveau régime) en Economie rurale, Maître-assistant à la Faculté de droit et des Sciences économiques, Université de Bangui, République Centrafricaine.

Effets de l'iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* sp.) parasites de tomate

T.K. Tabula, P. Madoungou & L. Bayonne

Keywords: *Tabernanthe iboga*- *Meloidogyne*- Tomato- Biological Control

Résumé

La culture de la tomate en zone tropicale pose des problèmes phytosanitaires à cause des nombreux parasites et ravageurs parmi lesquels, les nématodes du genre *Meloidogyne*, à l'origine d'importants dégâts et de la diminution de la production de la tomate au Gabon.

Comment peut-on arriver à contrôler ces parasites en utilisant les plantes locales? En dehors de la lutte chimique pratiquée, les travaux que nous avons effectués ont mis un accent sur l'utilisation de l'iboga comme agent de lutte biologique dans le cadre de la protection des cultures. Les résultats de ces expériences montrent que la décoction de l'iboga paraît à même de réduire considérablement la population de *Meloidogyne*, et de protéger la culture.

Summary

Effects of Iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) on the Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* sp.) in Tomato

The tomato crop in tropical areas arises phytosanitary problems because of many disastrous parasites among which the *Meloidogyne* genus are in the origin of important damages and the origin of the tomato production decrease in Gabon.

How can people manage to control these parasites by using local plants? Out of the chemical control, the works we have done, focused on the usage of *Tabernanthe iboga* as a biological control agent of crop protection. The results of these experiences show that the iboga decoction seems to be able to reduce considerably the *Meloidogyne* population, and to protect the crop.

Introduction

La tomate (*Lycopersicum esculentum*) fait partie de la famille des solanacées. Parmi les espèces décrites, trois sont cultivées au Gabon: *Lycopersicum esculentum* Mill., *Lycopersicum pyriforme* Dun. et *Lycopersicum ceriforme* Dun. (21). La tomate est un produit de grande consommation à usage varié: culinaire, nutritionnel et même médicinal (8). La production mondiale annuelle est estimée à 100 millions de tonnes, l'Afrique produit 548 mille tonnes (2). Au Gabon, elle est nettement faible, 375 tonnes (1). Depuis plusieurs années, la production nationale de la tomate diminue régulièrement, passant de 400 tonnes en 1995 à 375 tonnes en 2002 (1) du fait de nombreuses attaques des ravageurs et parasites (3, 20). Parmi ces parasites ravageurs figurent les nématodes du genre *Meloidogyne* dont les attaques entraînent l'apparition de galles sur les racines et la réduction de la croissance des plantes infestées (13). Des trois espèces de tomate citées plus haut, *L. esculentum* est la plus sensible aux attaques des *Meloidogyne* (18).

Plusieurs moyens de lutte contre ces nématodes ont été employés. La lutte culturale, la lutte physique et la lutte chimique sont les plus communément utilisées. Cette dernière reste, pour des raisons essentiellement d'ordre économique et de facilité de mise en œuvre,

la méthode la plus employée. Elle consiste à traiter le sol et les cultures avec des produits chimiques. Malheureusement ces produits présentent de sérieux inconvénients (6, 7, 14):

- ils perturbent les équilibres écologiques des milieux traités;
- ils polluent l'environnement et les denrées alimentaires, la santé de l'homme et des animaux est menacée,
- apparition des souches résistantes.

Devant cette situation, les recherches se sont orientées vers une stratégie non polluante. La lutte biologique, avec entre autre, l'utilisation de plantes nématicides de la famille des Apocynaceae, telles que la pervenche de Madagascar (*Catharanthus roseus*) et les chrysanthèmes qui, cultivées conjointement avec la tomate, diminuent les populations de *Meloidogyne incognita* d'environ 30% (15).

Dans ce cadre de lutte biologique, nous nous sommes proposés d'entreprendre une étude avec pour agent biologique l'iboga (*Tabernanthe iboga*) (4) qui est aussi une Apocynaceae, en vue de mettre en évidence ses effets nématicides.

L'intérêt porté à l'iboga est dû à ses propriétés pharmaceutiques, en particulier aux deux alcaloïdes extraits de la racine de la plante: l'ibogaïne et la tabernanthe (10, 12). Ces deux substances agissent

sur le système nerveux autonome et sur le système nerveux périphérique (17).

Les premières expérimentations scientifiques réalisées sur les mammifères ont montré que l'ibogaïne exerce son action préférentielle sur le système nerveux central.

- A faible dose, il a une activité psycho-stimulante qui se traduit par une légère ébriété;

- A forte dose, la parésie augmente et aboutit au collapsus. La mort survient par arrêt respiratoire.

Par contre, l'effet de la tabernanthe est surtout marqué par son action hypnofuge, d'où l'intérêt qu'on lui porte comme molécule d'éveil. C'est un stimulant du système nerveux central.

Les deux produits ont une action marquée sur le système nerveux autonome qui se traduit par une diminution de l'amplitude et de la fréquence des mouvements respiratoires, d'une part, et par une bradycardie, et une hypotension d'autre part (9).

Si chez les mammifères, à dose toxique, l'ibogaïne provoque la mort par asphyxie, quelle action cette substance pourra-t-elle avoir sur les nématodes qui disposent d'un système nerveux rudimentaire? Chez l'homme, la consommation de la décoction des feuilles de l'iboga pendant les cérémonies d'initiation au Bwiti entraîne des hallucinations, mais rarement la mort (11). Dans ce dernier cas, l'overdose est imputable à un manque de maîtrise ou une mauvaise manipulation de la part du tradipraticien.

Matériel et méthode

Matériel biologique

Le matériel animal est représenté par les nématodes du genre *Meloidogyne* sp. Il s'agit des juvéniles de second stade (J_2), issus d'un élevage entretenu au laboratoire sur de l'oseille sensible (*Hibiscus sabdariffa*). Les nématodes ont été prélevés dans le sol et dans les racines de cette plante. En effet, les racines de tomates présentant des galles sont lavées délicatement pour ôter la terre, elles sont découpées en petits morceaux d'environ 1 cm de long. Elles sont ensuite broyées dans un mixeur contenant 0,2 l d'eau pendant 20 secondes réparties en deux phases de 10 secondes séparées d'une minute de pause.

La technique d'extraction des nématodes est celle de Seinhorst modifiée par Hooper (16). Elle consiste en une extraction par jet d'eau en éventail sur une colonne de quatre tamis superposés.

Le broyat de racines est versé dans une colonne de tamis placés en ordre décroissant suivant le diamètre des mailles (250 μ , 125 μ , 63 μ et 39 μ), puis on pulvérise par jet d'eau continu pour forcer les nématodes à quitter les tamis. Les nématodes sont arrêtés par les tamis en fonction de leur taille.

Après rinçage, le contenu des trois derniers tamis (125 μ , 63 μ et 39 μ) est recueilli dans un bêcher pour le

dénombrement des nématodes. Comme la suspension concentrée obtenue après broyage ne permet pas un discernement facile des nématodes, elle est déversée dans des tamis à larges mailles (2 mm) montés sur les boîtes de Pétri tapissées de papier cellulose pour le passage actif. Les nématodes et la matière organique sont retenus par le papier cellulose. Mais le mouvement des nématodes permet la traversée de ce papier et de se retrouver dans la boîte de Pétri contenant de l'eau. Quarante-huit heures plus tard le filtrat est versé dans des tubes à essais dont le volume est rajusté à 50 ml pour le dénombrement et l'identification des nématodes sur une lame de comptage.

Le dénombrement s'est fait à l'aide d'une lame quadrillée montée sur une loupe binoculaire.

La taille réelle de l'inoculum est calculée à partir de la moyenne de 20 prélèvements de 2 ml de suspension à laquelle on ajoute l'intervalle de confiance. Ainsi la taille réelle de l'inoculum est de 250 ± 2 juvéniles de second stade (J_2).

Les nématodes inoculés sont des juvéniles de second stade (J_2) de *Meloidogyne* collectés dans la solution après dénombrement et identification. Le volume injecté est de 4 ml par pot, à raison de 2 ml de solution dans chacun de 2 trous creusés à l'aide d'une baguette en plastique. Les trous sont ensuite refermés doucement par un mouvement du pouce.

Le matériel végétal est représenté par deux plantes différentes: l'iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) a été obtenu au village Okolassi à 35 km de Libreville. La préparation de la décoction de l'iboga consiste à bouillir pendant 15 minutes 2 kg de feuilles fraîches de cette plante dans 5 litres d'eau, puis laisser refroidir pendant 24 heures. La décoction obtenue est prête pour le traitement des plants. La tomate (*Lycopersicon esculentum*) dont les graines ont été fournies par l'Institut Gabonais d'Appui au Développement (IGAD). Après germination sur du papier cellulose, les jeunes plants de tomate ont été repiqués dans des pots d'une capacité de 0,2 litres. Le substrat de culture était constitué d'un mélange à volume égal de terre noire et de sable. Ce substrat avait été préalablement stérilisé à l'autoclave à 60 °C pendant 30 minutes, afin d'éliminer tous les nématodes préexistants.

Le protocole expérimental

Les plants de tomate (*L. esculentum*) ont été repiqués à raison d'un par pot. Trente pots ont été utilisés pour cette expérience. Ils ont été repartis en trois lots de 10 plants chacun.

Les plants appartenant au lot 1 ont constitué le témoin. Ceux du lot 2 et du lot 3 ont été inoculés avec 250 larves de *Meloidogyne* de second stade par pot, deux semaines après repiquage. Les plants témoins (lot 1) ont subi le même traitement, à l'exception de l'inoculum qui a été remplacé par 4 ml d'eau. Les dix plants témoins (lot 1), de même que les dix autres plants constituant le lot 2 ont été arrosés tous les

deux jours avec 20 ml d'eau. Par contre, l'arrosage des plants appartenant au lot 3 a été effectué à la même fréquence avec 20 ml d'une décoction d'iboga. Le premier arrosage a été effectué 5 jours après inoculation. L'expérimentation a duré 25 jours.

Les mesures effectuées furent: la hauteur (en cm) de chaque plant (10 répétitions par traitement) a été prélevée tous les cinq jours pendant 25 jours. Elle a consisté à effectuer des mensurations au moyen d'une règle graduée, à partir du substrat sur lequel pousse la tomate, jusqu'à la hauteur totale de la plante. Le nombre de galles par plant a été déterminé. Les poids secs des parties aériennes et du système racinaire ont été mesurés après passage à l'étuve à 60 °C pendant une semaine. Les moyennes des différentes mesures ont été comparées en utilisant le test «U» Mann et Whitney ($P = <0,05$). Le taux de mortalité des plants de tomate a été calculé, de même que celui de multiplication des nématodes. Ce dernier a été obtenu par le rapport de l'effectif de la population finale des juvéniles récoltés par plant pour chaque traitement et l'effectif total des juvéniles par plant pour les deux traitements multiplié par 100.

Résultats

Le comportement de la plante

La croissance moyenne des plants de tomate

Les résultats des mensurations des plantes (Figure 1) montrent que pendant toute la durée de l'expérimentation (25 jours), les plants des trois lots ont une croissance continue. La croissance moyenne des plants du lot 1 est supérieure à celle des plants des deux autres lots. La croissance moyenne des plants du lot 2 est légèrement supérieure à celle des plants du lot 3 pendant les 15 premiers jours de l'expérimentation; puis cette tendance s'inverse après cette période où l'on observe non seulement un ralentissement de la croissance des plants du lot 2, mais aussi une stimulation de croissance des plants du lot 3 qui dépasse celle du lot 2.

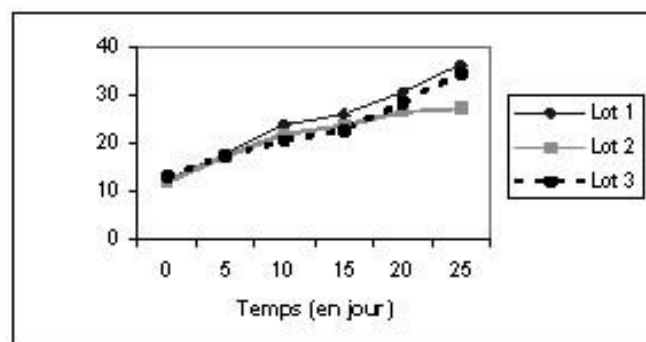


Figure 1: Croissance moyenne des plants des trois lots de tomate.

Mortalité des plants de tomate dans les trois lots

Durant les 25 jours d'expérimentation, aucune mortalité n'a été observée dans les lots 1 et 2. Par contre, il y a eu une mortalité dans le lot 3, soit 1 sur 10. Cette

mortalité est survenue 10 jours après l'inoculation des plants par les nématodes et 5 jours après l'arrosage des plants à l'iboga.

Mesures de biomasse

Le bilan des mesures de biomasse des parties souterraines et aériennes des trois lots de tomate est donné au tableau 1.

Ces résultats montrent que la biomasse racinaire des plants du lot 2 est significativement supérieure à celle

Tableau 1
Mesures de biomasse par plant (poids sec en g) des parties végétales des trois lots de tomate

Traitements	Lot 1: tomate	Lot 2: tomate	Lot 3: tomate
	(témoin)	+ nématode	+ nématode + iboga
Parties souterraines	0,019	0,033 _a	0,015 _b
Parties aériennes	0,240 _a	0,182 _b	0,227 _a
Total	0,259 _a	0,215 _b	0,242 _a

(*) Les valeurs d'une même ligne suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes «U» Mann et Whitney ($P = <0,05$).

des plantes des lots 1 et 3. Ces dernières sont voisines l'une de l'autre. Le phénomène inverse est observé en ce qui concerne la biomasse des parties aériennes: celle des plantes du lot 2 est significativement inférieure à celles du lot 1 et 3.

Comportement de *Meloidogyne*

Les galles

La lecture du tableau 2 relève que les trois lots n'ont pas le même nombre moyen de galles. Aucune galle n'a été observée sur les racines des plants du lot 1. Il est de 3,4 en moyenne pour le lot 3. Quant au lot 2 ce nombre est de 28,4 soit environ 8 fois plus que celui du lot 3.

Tableau 2
Nombre moyen de galles par plant sur les racines des plants de tomate dans les différents traitements effectués

Nombre moyen de galles par plant		
Lot 1: tomate	Lot 2: tomate	Lot 3: tomate
(témoin)	+ nématode	+ nématode + iboga
0 _c	28,4 _a	3,4 _b

(*) Les valeurs d'une même ligne suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test «U» Mann et Whitney ($P = <0,05$).

Taux de multiplication de *Meloidogyne*

Meloidogyne s'est multiplié sur les racines des tomates non traitées (lot 2) et celles des tomates traitées avec l'iboga (lot 3) (Tableau 3). Cependant, le taux de formation des larves de *Meloidogyne* est plus élevé sur les plants non traités (96,8%) que sur ceux qui ont été arrosés avec la décoction de l'iboga (6,1%).

Tableau 3
Taux de multiplication de *Meloidogyne* sur les racines de tomate par plant dans les différents traitements

Traitement	Population initiale (J ₂)	Population finale (J ₂)	Taux de multiplication
Lot 1: tomate	00	00	00
Lot 2: tomate + J ₂	250	95	93,8
Lot 3: tomate + J ₂ + iboga	250	63	6,1

Discussion

La croissance des plants du lot 1 est supérieure à celle des plants de deux autres lots (Figure 1) pendant toute la durée de l'expérimentation, car ces plants ne sont pas infestés par les nématodes.

Pendant les quinze premiers jours de l'expérimentation, l'évolution de la croissance des plants du lot 2 et 3 est pratiquement identique à celle du lot 1, du fait de l'invasion des nématodes dans les racines de la tomate. En effet, comme l'a constaté Wallace (23), l'entrée des nématodes dans les racines stimule la croissance de la plante par la formation des cellules géantes à l'origine de l'apparition de galles, d'où cette augmentation considérable de la croissance de ces plants. Cette tendance s'inverse après vingt jours pour les plants du lot 2 à cause de la multiplication des nématodes dans les racines infestées. Les résultats des études antérieures (13, 22) ont montré que les juvéniles de *Meloidogyne* pénètrent les racines des plantes hôtes cinq à neuf jours après inoculation. Ces nématodes détournent à leur profit, le métabolisme de la plante. Ceci se traduit par un ralentissement de la croissance.

Les plants du lot 3 croissent rapidement comme ceux du lot témoin grâce à *Tabernanthe iboga* qui a détruit les nématodes contenus dans les racines. Ainsi donc, *T. iboga* semble permettre une croissance normale des plants de tomate en inhibant l'action nuisible des nématodes sur les tomates. D'après nos tests, la différence observée entre la moyenne de la hauteur finale des plants du lot 2 et celles des autres lots n'est pas significative. L'effet négatif de l'iboga sur les *Meloidogyne* n'a pas été observé sur la croissance en hauteur des plants de tomate. Ces

résultats concordent avec ceux obtenus par Cadet et Spaul (5). Pour ces auteurs, les dégâts causés par les nématodes peuvent concerner uniquement une partie des composantes de la plante. Ils ont par exemple observé que la baisse du rendement des plants de canne à sucre, causée par les nématodes est due à la diminution du tillage mais n'affecte pas la hauteur des plants.

La mortalité observée dans le lot 3 semble difficilement pouvoir être attribuée à l'inoculum, encore moins à *T. iboga*. Tout comme Oteifa (19), nous ne pouvons que formuler des hypothèses explicatives concernant cette mortalité à savoir des facteurs non contrôlés.

Concernant la biomasse des plants, deux faits essentiels expliquent le fait que la biomasse de parties souterraines du lot 2 soit supérieure à celles des lots 1 et 3, à savoir: la formation d'une part de galles et des racines noueuses d'autre part. En effet, la pénétration des nématodes dans les racines entraîne l'apparition des cellules géantes (8) qui sont à l'origine de la formation de galles. Cette formation de galles au niveau des racines a pour conséquence l'apparition de nouvelles racines appelées racines noueuses (24). Ces racines viennent en appoint au ravitaillement de la plante en éléments minéraux (eau et ions minéraux). Les nématodes présents dans des galles des racines détournent à leur profit, les éléments minéraux que la plante puise dans le sol. Pour palier cela, la plante réagit en formant des nouvelles racines appelées racines noueuses, d'où l'augmentation de la biomasse des parties souterraines. Par contre, la biomasse des parties aériennes des plants du lot 2 est nettement inférieure à celles des plants des autres lots du fait de la présence des nématodes dans les racines de ces plants, qui détournent à leurs profits le métabolisme de la plante entraînant ainsi une mauvaise assimilation des substances nutritives. Ceci a pour conséquence une baisse de la production végétale. Les biomasses des parties aériennes des plants du lot 3 sont sensiblement égales à celles des plants du lot 1, bien qu'étant infestées de nématodes comme dans le lot 2, mais la présence de *T. iboga* a détruit les nématodes.

De même, le faible taux de formation des juvéniles de second stade dans le lot 3 s'explique par l'action de l'iboga. La décoction des feuilles de cette plante a un effet négatif et réduit de façon significative (85,52%) le pouvoir reproductif de *Meloidogyne* dans les racines de tomates. L'iboga permet à la plante une meilleure assimilation des substances nutritives, réduisant ainsi la population des nématodes, d'où une bonne production végétale. Ici également, nos résultats confirment nos observations antérieures. L'iboga agit donc négativement sur les *Meloidogyne* parasites de la tomate.

Le nombre de galles nous renseigne davantage sur les dégâts causés par les *Meloidogyne* au niveau du système racinaire de la plante. Le nombre moyen de galles

des plants du lot 1 est de zéro. Ces plants ne sont pas attaqués par les *Meloidogyne* car ils n'ont pas été mis en contact avec ces nématodes. Le nombre moyen élevé de galles (28,4) dans le système racinaire des plants du lot 2 s'explique par une forte attaque des *Meloidogyne*. Tout le système racinaire présente des galles. Par contre, le système racinaire des plants du lot 3 est presque sain. On note cependant la présence de quelques galles sur certaines racines en moyenne 3,5 galles par plant. Les dégâts causés par *Meloidogyne* dans le lot 2 sont huit fois plus élevés que ceux observés pour le lot 3. Cette différence du nombre de galles ou de dégâts entre les deux lots peut être expliquée par l'effet d'iboga. Ces résultats confortent encore nos observations antérieures (Tableaux 1 et 2), car l'iboga ralentit considérablement l'évolution de la population de *Meloidogyne*. Ainsi l'iboga réduit de 87% les dégâts causés par *Meloidogyne* au niveau du système racinaire. Nos résultats sont meilleurs que ceux obtenus avec les chrysanthèmes par Hackney et Dickerson (15) qui affirment que ces plantes réduisent de 30% les dégâts causés par *Meloidogyne* au niveau des racines des tomates.

Conclusion et suggestions

Notre travail a consisté à étudier l'action d'une plante locale contre les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites de la tomate: *Tabernanthe iboga* Ballon. Les

résultats de ce travail montrent que *T. iboga* a un effet négatif sur *Meloidogyne* et réduit de 87% le nombre de galles et donc les dégâts causés par ces parasites au niveau des racines. Il permet ainsi une bonne croissance et une bonne production végétale. Enfin, il réduit de 85% environ la formation des juvéniles de *Meloidogyne* de second stade (J2).

Au regard de ces résultats nous pouvons affirmer que l'iboga, qui est une plante autochtone des pays de l'Afrique centrale, a un effet nématicide et peut être utilisée comme agent de lutte biologique dans la protection des végétaux contre ce ravageur des cultures. Cette plante autochtone de l'Afrique centrale se rencontre principalement au Gabon, au sud du Cameroun, au Congo, en Guinée équatoriale, en Centrafrique et en RD Congo. Nous n'avons pas la prétention d'avoir épuisé tout le sujet. Nous encourageons ceux qui voudront bien poursuivre ce travail sur le même thème en explorant les pistes suivantes:

- l'identification et l'isolement de la (ou des) substance(s) active(s) qui rend(ent) l'iboga nématicide,
- déterminer le site d'action du produit sur les nématodes et expérimenter s'il est ovicide, larvicide ou adulticide,
- déterminer la dose efficace contre le parasite et s'assurer de sa sélectivité envers la plante,
- mener une étude comparative de l'action de l'iboga en décoction et de l'iboga en broyat.

Références bibliographiques

1. AGRIPOG-IGAD, 2002, Données statistiques sur l'agriculture. Service Statistiques Agricoles. AGRIPOG- IGAD, p 400.
2. Anonyme, 2001, Marchés tropicaux. N° 2929 du 21 décembre 2001. p. 2741-2746.
3. Appert & Deuse J., 1982, Les ravageurs des cultures maraîchères sous les tropiques. Editions GP Moissonneures et Larose, p. 189-192.
4. Baillon H., 1889, «Sur l'Obouélé du Gabon», Bulletin de la société linéenne de Paris, n° 98, 782-783.
5. Cadet P. & Spaul V.W., 1985, Studies on the relationships between nematodes and sugarcane in South and West Africa: Plant cane. Revue Nématol. 8, 131-141.
6. Delorme R., 1985, La résistance des insectes aux pesticides. Phytoma, 364, 39-41 et 365, 45-48.
7. Delorme R., Auge D., Bouchery Y. & Cloquemin G., 1987, Détection et caractéristiques des souches résistantes de *Myzus persicae* Sulz. In: «Conf. Int. sur les ravageurs en Agriculture», ANPP, Paris, 1-3 déc.1987, Vol. I, 227-236.
8. Delorme S., 1991, Les plantes maraîchères. INRA. Paris, p. 119.
9. Dhahir H.I., 1971, "A comparative study on the toxicity of ibogaïne and serotonin", Thesis, Ph.D (Toxicology), Indiana University, (April 1971). University microfilm international, Ann Arbor, MI, 71-25, 341.
10. Dybowski J. & Landrin B.E., 1901, C.R. Acad. Sc. 133, 748.
11. Gollnhoffer O. & Sillans R., 1985, L'usage rituel de l'iboga au Gabon, Psychotropes, 2, 3, 95-108.
12. Goutarel R., Janot M.M., Mathys F. & Prelog V., 1953, Structure de l'ibogaïne, C.R Acad. Sci. 237, 1718.
13. Guiran G., 1992, Etude comparative de la pénétration de *Meloidogyne javanica* et *Meloidogyne incognita* dans les racines des plantes-hôtes et non- hôtes. Cahier de l'O.S.T.R.O.M, sér. Biol. 10, 185-206.
14. Guiran G. & Netscher C., 1970, Les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites des cultures tropicales. Cahier de l'O.S.T.R.O.M, sér. Biol. 11, 151-185.
15. Hackey R.W. & Dickerson O.J., 1975, Marigold, castor bean, and chrysanthemum as controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus allenii*. Journal of Nematology, 7, 84-90.
16. Hooper D.J., 1969, Extraction and handling of plant and soil nematods, In: Nematodes of tropical crops, 20-36 p. Agricultural peachey, J.E. (ED). Commonwealth Agricultural Bureau. London, England.
17. Lotsof H., 1985, U.S. Patent, n° 4, 499 096.
18. Metoughe Y.C., 2002, Relation hôte-plante. Etude comparée de l'action de *Meloidogyne* sur la croissance et le développement de trois espèces de tomates en pépinière à Libreville. Mémoire de C.A.P.E.S. Ecole Normale Supérieurs (ENS) de Libreville (Gabon), 66 p.
19. Oteifa B.A., 1953, Development of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* affected by potassium nutrition of the host. Phytopathology, 43, 171-174.
20. Pauly A. & Rambaldi G., 1988, Guide des principaux ravageurs, maladies et carences des arbres fruitiers au Gabon. FAO-CIAM, p. 58-87.
21. Raponda W. & Sillans R., 1961, Les plantes utiles du Gabon. Fondation Raponda. Sèpia. Centre culturel Saint-Exupéry (Libreville), 514 p.
22. Tabula T.K., 1995, Etude des relations entre les principales espèces de *Meloidogyne* Goeldi du Sénégal et trois espèces d'*Acacia* Miller (deux africaines et une australienne). Thèse de Doctorat en Protection des Végétaux. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA). Université de Dschang (Cameroun), p. 106.
23. Wallace H.R., 1963, The biology of plant parasitic nematodes., Edward Arnod, London, 280 p.
24. Wallace H.R., 1970, The influence of nematode reproduction and the growth of tomatoes infected with *Meloidogyne javanica*. Nematologica, 15, 55-64.

T.K. Tabula, Congolais, Docteur en protection des végétaux: spécialité zoologie agricole. Enseignant chercheur, Département des Sciences Naturelles, Ecole Normale Supérieure (ENS), BP. 17009, Libreville, Gabon. Fax (241) 73 31 61 Tél. (241) 29 79 91 E. mail: tteyikalula@yahoo.fr
P. Madoungou, Gabonais, élève-professeur, stagiaire. Département des Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure (ENS), BP 17009. Enseignant au Lycée Léon Mba, BP. 10006, Libreville, Gabon.
L. Bayonne, Gabonais, B.T.S. Technicien au laboratoire de Sciences Naturelles. Ecole Normale Supérieure (ENS), BP. 17009, Libreville, Gabon.

Screening des microorganismes à potentialités fermentaires pour le manioc

R. Djouldé Darman^{1*}, F.-X. Etoa², J.-J. Essia Ngang², C.M.F. Mbofung³

Keywords: Cassava- Starter culture- Fermentation- Microorganisms- Enzymes

Résumé

Les processus de transformation artisanale du manioc pour l'alimentation humaine passe dans la plupart des cas, par une étape de fermentation spontanée non contrôlée. Ceci a pour conséquence une mauvaise qualité des dérivés. Afin d'améliorer ces procédés artisanaux, et par là les qualités nutritionnelle, toxicologique et hygiénique des dérivés du manioc consommés sous les tropiques, une centaine de microorganismes ont été isolés des cossettes de manioc fermenté, ceci dans l'optique d'élaborer un ferment destiné à la fermentation du manioc. Parmi ces souches, 80% produisent des amylases; 66,66% de la linamarase; 26,6% de la pectinéméthylesterase; 3,33% de la pectate lyase et 26,6% de la pectine lyase. La plupart des microorganismes ont indiqué des réelles potentialités à produire les enzymes importantes pour la bioconversion de la pulpe du manioc. Ces microorganismes ont été sélectionnés pour la mise au point d'un ferment de rouissage du manioc.

Summary

Screening for Properties of some Strains of Lactobacilli with Potentials Applications as Starter Culture for Cassava Fermentation

About hundred strains of microorganisms were isolated, from sun-dried cassava chips and characterised with the scope of identifying strains, which could be further use as starter culture for cassava retting. Of all the isolates, 80% were amylase producers; 66.66%, linamarase producers; 26.6%, pectinéméthylesterase; 3.33%, pectate lyase and 26.6%, pectin lyase producers. From all of these strains, 65% were thermobacteria, 35% streptobacteria and 10% of betabacteria. Due to their interesting enzymatic profiles for cassava fermentation, these microorganisms could be identified as appropriate for the development of a starter culture for cassava fermentation.

Introduction

Les populations ont su élaborer toute une série de traitements permettant de stabiliser le manioc et ses dérivés, ces derniers étant des denrées hautement périssables (3, 15). Ces traitements visent surtout à stabiliser les produits et à réduire leur toxicité sinon l'éliminer complètement (21). Le problème majeur de l'ensemble de ces procédés traditionnels se situe au niveau de la qualité fluctuante des différents aliments obtenus. En effet, le processus fermentaire qui s'effectue spontanément grâce au développement de la microflore épiphyte, peut conduire à des produits d'une qualité organoleptique, microbiologique ou toxicologique indésirable (22). L'inoculation du manioc avec un starter de micro-organismes se caractérisant par des propriétés physiologiques et métaboliques particulières permettrait d'assurer la maîtrise de l'étape de fermentation. Ces propriétés sont surtout la production des enzymes intervenant au cours de la fermentation du manioc à savoir la β -glucosidase, l' α -amylase et de pectinases. L'objectif de ce travail est: d'isoler, d'identifier et de sélectionner des souches de microorganismes qui répondraient au mieux à

ces différents critères, et de caractériser les enzymes qu'ils produisent, intervenant dans le processus fermentaire naturel du manioc. Ceci pourra conduire à sélectionner les meilleures souches susceptibles d'être utilisées comme ferment pour le rouissage traditionnel du manioc cyanogène.

Matériel et méthodes

Préparation du milieu d'isolement

Les isolements sont réalisés à partir des cossettes de manioc séchées, achetées sur le marché local (Ngoundéré-Cameroun). Les cossettes de manioc sont utilisées comme ferments d'accélération de la fermentation de manière traditionnelle du manioc dans certaines régions de l'Afrique (3). Les cossettes de manioc sont des morceaux de racines ayant subi des opérations successives de fermentation de 2 à 3 jours, émottage et défibrage, séchage solaire de 4 à 6 heures. On rencontre les cossettes au Cameroun, en République Centre africaine, en République Démocratique du Congo et en République du Congo. Environ 1 kg de cossettes sont prélevées sur le marché

¹- Institut de Recherche Agricole pour le Développement, B.P. 33, Maroua, Cameroun. Tél.: (237) 986-17-64, E-mail: djouldedarman@yahoo.fr

*Auteur à qui toute correspondance devrait être adressée

²-Département de Biochimie, Université de Yaoundé, B.P. 1457, Yaoundé, Cameroun. Tél.: (237)966-97-55, E-mail: fxetoea@yahoo.fr, (237)94-30-23, E-mail: essia_ngang@yahoo.fr

³. Department of Food Sciences and Nutrition, National Advanced School of Agro-Process Industries, University of Ngaoundéré, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroon. Tél.: (237)984-16-54, E-mail: cmbofung@yahoo.fr

Reçu le 17.03.04. et accepté pour publication le 23.06.04.

de Ngaoundéré (Cameroun) à l'étalage de vente. Un lot de 100 g est introduit dans environ 900 ml d'eau peptonée à 0,1% stérile puis agité vigoureusement jusqu'à dissolution complète des cossettes de manioc dans le liquide de dilution de manière à avoir une solution laiteuse. Cette solution est ensuite placée au bain-marie sous agitation à 30 °C pendant 18 heures, afin de permettre une revivification des micro-organismes.

Isolement des microorganismes

Un screening primaire est réalisé sur ces échantillons par les méthodes classiques de dénombrement après dilutions décimales (9). Les bactéries lactiques sont isolées sur milieu gélosé MRS par les méthodes décrites par Sharpe *et al.* (23). Les colonies bien isolées sont observées au microscope à l'état frais puis à l'état coloré (au Gram). Un test à la catalase est réalisé. Les levures et moisissures sont isolées sur milieu gélosé Sabouraud et PDA. Les colonies bien isolées subissent une coloration au bleu de méthylène et des observations de la morphologie sont entreprises. La recherche des microorganismes producteurs d'amylases est réalisée sur les souches précédemment isolées, selon les méthodes décrites par Olukoya (18). Les lactobacilles producteurs d'amylases sont sélectionnées par repiquage des colonies présentant des bacilles gram positifs et catalases négatifs, sur milieu MRS additionné d'amidon soluble à 1% et d'actidione à 0,025 g/l comme inhibiteur de champignons. Les levures et moisissures productrices d'amylases sont isolées sur milieu PDA additionné d'amidon soluble à 1% et de chloramphénicol à 0,05 g/l, comme inhibiteur de bactéries. Après incubation, une solution de lugol (0,33% Iode + 12,066% Iodure de potassium) est vaporisée à la surface des boîtes, et les colonies à halo clair au pourtour sont considérées comme productrices d'amylases (18).

La recherche des microorganismes producteurs de linamarase est réalisée par ensemencement des isolats purifiés sur milieu gélosé MRS, Sabouraud et PDA, additionnés de linamarine à 1% et de picrate alcalin à 0,01%, comme capteur de cyanure libéré (15). Les colonies à halo rougeâtre autour sont considérées comme productrices de linamarase.

Le screening des micro-organismes producteurs de pectinases est réalisé selon la procédure de Brisou (5) modifié par Starr *et al.* (23). Les isollements ont été réalisés en utilisant de la gélose MRS sans glucose et extrait de viande pour les lactobacilles ou du PDA sans glucose pour les levures et moisissures, mais en utilisant 14 g/l de pectine (Grindsted RS4006 DM74 le %) et du bleu de bromothymol à 0,05%, comme indicateur coloré.

Identification des microorganismes

Les souches montrant des réelles caractéristiques à produire les amylases, les pectinases, et linamarase,

sont sélectionnées et repiquées en tubes dans environ 15 à 20 ml bouillon MRS, pour les bactéries lactiques, et sur milieu PDA pour les levures et moisissures. Le profil fermentaire de ces microorganismes, est réalisée à l'aide des galeries API (API 5030 strips Biomerieux France, pour les levures et moisissures, et API 50 CH N° 5030 strip, Biomerieux charbonnière, bains France pour les *Lactobacillaceae*) en vue de leur identification selon le schéma discriminatoire de Hammes *et al.*, (13) et Kandler et Weiss (14).

Production et caractérisation des enzymes microbiens

Préparation du matériel végétal: du manioc de variété TMS 3001 Cyanogène est fraîchement prélevé dans les champs d'expérimentations de l'IRAD (Institut de Recherche Agronomique pour le Développement), centre régional de Ngaoundéré. Les tubercules délicatement déterrés sont introduits dans des sacs en plastique tressés, rapidement transportés au laboratoire, lavés et les tubercules non atteints par les maladies et non blessés sont sélectionnés. Les tubercules sont délicatement pelés puis découpés en cossettes avant d'être stérilisés pendant 15 minutes avec du chlorure de mercure à 1% dans l'éthanol à 70% (17) puis, rincés dans de l'eau distillée stérile. Les tubercules stériles sont ensuite broyés à l'aide d'un broyeur de labo (Robocoupe II) jusqu'à obtention d'une pâte homogène.

Préparation des inoculums: des précultures de microorganismes isolés, identifiés et purifiés sont réalisés sur milieu à base d'amidon de manioc de composition suivante: farine de manioc tamisée (10 g), K_2HPO_4 (8,7 g), $MgSO_4$ (0,1 g), NH_4NO_3 (0,05 g), H_2O distillée (qsp 1000 ml). La farine est diluée dans 500 ml et stérilisée par filtration, les autres ingrédients sont dilués dans 500 ml d'eau puis stérilisés à 121 °C pendant 15 minutes, refroidis avant d'être mélangés à la farine de manioc diluée stérile. A environ 100 ml de milieu ainsi préparé, on inocule une à deux anses de microorganismes purifiés. L'ensemble est incubé 30 °C pendant 18 à 24 heures pour les lactobacillus, et à 25 °C pendant 24 à 48 heures pour les levures et les moisissures

NB: La farine de manioc tamisée est préparée à partir des tubercules frais découpés en cossettes séchées à l'étuve à 105 °C pendant 24 à 48 heures, puis broyées et tamisées à l'aide d'un tamis de mailles de 10 µm.

Ensemencement et conduite de la fermentation

100 ml de précultures précédemment réalisées sont malaxées avec 250 g de pâtes de manioc stériles préparés un peu plus haut dilués dans 500 ml d'eau distillée stérile. L'ensemble est introduit dans un fermenteur de labo de 2 litres de marque Multigen (Biolafite). Les températures des échantillons inoculés par les bactéries lactiques sont réglées à 32 °C sous une agitation lente de 50 rpm, la pression d'oxygène

est régulée à 7 pg/mn, alors que les températures des échantillons inoculés par les levures sont réglées à 30 °C sans agitation. Le pH est régulé, par addition de NaOH 5 N ou de HCL 0,1 N selon le cas. Les échantillons inoculés par les moisissures sont incubés à 30 °C avec de temps en temps un malaxage mécanique. Toutes les fermentations sont conduites pendant 96 heures.

Extraction partielle et dosage des enzymes

Préparation du matériel d'analyse: 100 ml de substrat en fermentation sont prélevés toutes les 12 heures. L'extraction partielle des enzymes est réalisée, selon le protocole décrit par Ampe et Brauman (1) en centrifugeant le substrat à 20000 rpm pendant 30 mn. Le surnageant de centrifugation est recueilli dans 80 ml de tampon citrate environ (pour 100 ml de surnageant) et conservé à 4 °C pour les extractions.

La linamarase est extraite par la méthode de Giraud *et al.*, (11): 100 ml de surnageant sont mélangés à 300 ml de solution tampon d'acétate à 0,1 M. Le mélange est ajusté à pH 5,5 puis filtré à travers un filtre de Kieselghur. Le filtrat ainsi obtenu est soumis à deux autres filtrations sous vide. Le dernier filtrat d'aspect limpide est conservé à 4 °C pendant 16 heures puis, dilué dans deux volumes d'acétone à 0 °C. Le mélange est constamment agité pendant 2 heures. Le précipité vert pâle qui apparaît est repris dans 10 ml de solution tampon d'acétate 0,1 M puis à nouveau dilué dans 2,3 volumes d'acétone à 0 °C. Le précipité de linamarase résiduel formé est conservé à 2 °C pour dosage.

Le dosage est effectué en diluant 400 µl d'extrait dans 100 µl de linamarine à 50 mM dans du tampon citrate 0,1 M (pH 6). A intervalles de temps réguliers (1 minute), 50 µl de NaOH 0,1 M sont ajoutés pour stopper la réaction. Le cyanure libéré par addition de 50 µl de H₂SO₄ et 850 µl d'eau distillée à chacun des aliquots, est dosé par addition de 10 ml de picrate alcalin à 1 ml de linamarine diluée dans le surnageant. L'absorbance est alors déterminée à 400 nm au spectrophotomètre (Beckman modèle 25). L'unité enzymatique est définie comme la quantité d'enzyme (extrait) libérant 1 µmol de CN⁻ par minute.

Les pectinases sont extraites par la méthode de Ampe *et al.*, (2) et de Brauman *et al.* (4): 80 ml de solution tampon citrate 0,1 M pH 6,5 sont ajoutés à 100 ml de surnageant. L'activité pectinesterase (PE; pectine pectylhydrolase, EC 3.1.1.11), est mesurée par titration de 1 ml d'extrait dans la pectine à 1% à 30 °C, par du NaOH 0,01 M. L'unité enzymatique correspond à la neutralisation de 1 µmol de COO⁻/minutes.

L'activité polygalacturonate lyase (PGL) est mesurée par la méthode de Starr *et al.*, (24). Une unité de PGL correspond à la formation de 1 µmol d'une liaison insaturée dans le galacturonide entre les carbones C4 et C5. La polygalacturonase (PG; poly (1,4-α-d-galacturonide) glycanohydrolase, EC 3.2.1.15), est évaluée par viscosimétrie. A 40 ml de pectine à 1% dans 100 mM de tampon acétate (pH 4,7), 0,5 ml

d'extrait est additionné. La réduction de la viscosité est alors mesurée à 25 °C. L'unité enzymatique correspond à la libération d'1 µmol d'hexose/minute. L'activité amylasique est dosée par la méthode de Ampe *et al.*, (2) par ajout de 0,1 ml d'extrait à 0,8 ml d'une solution contenant 1% d'amidon soluble dans un tampon citrate phosphate 0,1 M pH 6,9. La réaction est stoppée par addition de 0,1 ml d'acide sulfurique à 2 N l'amidon résiduel est dosé à différents temps d'incubation à 30 °C par ajout de 0,1 ml de l'échantillon convenablement dilué à 2,4 ml de réactif iodo-ioduré. La densité optique est lue à 620 nm. L'unité enzymatique est définie comme étant la quantité d'enzyme nécessaire à l'hydrolyse de 10 g d'amidon en 30 mn à 30 °C.

Dosage des sucres résiduels et suivi de la microflore

La linamarine résiduelle est déterminée par la méthode de Sylvestre et Arreaudeau (26): 100 ml de surnageant de centrifugation sont placés dans un Kjeldahl de 250 ml, puis ajustés par 50 ml d'eau. L'ensemble est laissé à température ambiante pendant 4 heures au terme desquelles une filtration est réalisée sur du papier watman n° 5. Le filtrat (environ 150 à 160 ml) est recueilli dans une solution de soude à 2,5%. A 25 ml de distillat, 2 ml de solution de NH₄OH 6 N et 2 ml de solution d'iodure de potassium à 5% sont ajoutées. L'ensemble est titré à l'aide du nitrate d'argent (AgNO₃) 0,02 N jusqu'à virage. La quantité de linamarine résiduelle est exprimée en ppm.

L'amidon résiduel est dosé sur 0,1 ml de surnageant de centrifugation dont le pH est ramené à pH 6,9 par un tampon citrate phosphate 0,1 M. Après quelques minutes d'incubation à 30 °C, la densité optique de 0,1 ml de l'échantillon convenablement dilué à 2,4 ml de réactif iodo-ioduré est lue au spectrophotomètre à 620 nm.

Le suivi de la croissance microbienne est effectué par comptage direct au microscope sur hématimètre, et dénombrement sur milieu sélectif solide.

Résultats

Les bactéries lactiques des cossettes de manioc

Une centaine de souches de bactéries lactiques ont été isolées des cossettes de manioc parmi lesquelles 65% de *Thermobacterium*, 35% de *Streptobacterium* et 10% de *Betabacterium*. L'identification des souches selon les codifications du "Bergey's manual", du manuel d'identification API 50CH N° 5030 (Strip, Biomerieux Charbonnière, Bains France), et suivant la classification taxonomique de Hammes *et al.* (13) et, Kandler et Wiess (14), nous a permis d'avoir des souches dont les caractéristiques sont présentées dans les tableaux 1, 2 et 3. On notera part ailleurs (Tableau 2) que les souches de *Lactobacillus cellobiosus*, *Lactobacillus coprophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus*

Tableau 1
Quelques caractéristiques des souches non identifiées

Milieu d'isolement	MRS (Man Rogosa Sharp)	PCA (Plate count-agar)
Morphologie	Bacilles Gram positifs	
Mobilité	Immobilisés	
Catalase	-	-
Acide lactique	L(+)	DL
Croissance à 15 °C	-	+
Croissance à 25 °C	±	+
Croissance à 45 °C	+	-
Enzymes	α-amylase	+
	β-glucosidase	+
	Pectine méthylesterase	-
	Pectate lyase	+
	Pectin lyase	+
Sucres (fermentation)	Esculine	+
	Amygdaline	+
	Arabinose	-
	Cellobiose	+
	Galactose	-
	Glucose	+
	Lactose	+
	Maltose	+
	Mannitol	-
	Saccharose	+
	Tréhalose	-
	Raffinose	+
	Rhamnose	-
	Ribose	-
	Xylose	+
Orientation	<i>Lactobacillus</i> sp.1	<i>Lactobacillus</i> sp. 2

acidophilus sont producteurs d'α-amylase soit un total d'environ 60% de souches des *Lactobacillus* isolées des cossettes. La meilleure souche au vu des diamètres des auréoles est *Lactobacillus plantarum* avec 5 ± 2 cm de diamètre. La production qualitative de la β-glucosidase indique globalement qu'environ 46,66% des souches de bactéries lactiques isolées sont de susceptibles productrices de cette enzyme. Concernant les pectinases, environ 53,33% des souches de *Lactobacillus* sont susceptibles de produire la pectinesterase (PE; pectine pectylhydrolase, EC 3.1.1.11), la polygalacturonate lyase (PGL) et la polygalacturonase (PG; poly (1,4-α-d-galacturonide) glycanohydrolase, EC 3.2.1.15). Parmi ces souches nous noterons la présence de trois qui n'ont put être identifiées, n'ayant pas de profils, comparables par les méthodes classiques de codification décrites dans le "Bergey's manual", le manuel d'identification API 50CH N° 5030 (Strip, biomerieux charbonnière, bains France), et suivant la classification taxonomique de Hammes *et al.* (13) et, Kandler et Wiess (14) (Tableau 1).

Les levures et moisissures des cossettes de manioc

Parmi les microorganismes isolés, une vingtaine appartient au groupe des levures et moisissures. Les identifications menées à l'aide des galeries API 20 C (API system S.A. La Balme les grottes 38390 Montalieu vercieu France), nous ont permis de noter que les levures de genres *Saccharomyces* et *Candida* sont prédominantes. On notera ainsi la présence des espèces intéressantes comme *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis*, *Candida pseudotropicalis*, *Candida krusei*,

Tableau 2
Production qualitative des enzymes par les lactobacillus isolés

Microorganismes	Enzymes				
	α-amylases	β-glucosidase	Pectine méthylesterase	Pectate lyase	Pectine lyase
<i>Lactobacillus cellobiosus</i>	+	++	++	±	+
<i>Lactobacillus casei</i> ssp. <i>pseudo</i> <i>tropicalis</i>	-	-	-	-	-
<i>Lactobacillus sake</i>	±	+	-	-	±
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	-	-	-	-	-
<i>Lactobacillus brevis</i>	-	-	-	-	±
<i>Lactobacillus coprophilus</i>	+	-	+	+	+
<i>Lactobacillus plantarum</i>	++	+	±	-	+
<i>Lactobacillus fermentum</i>	+	++	-	+	++
<i>Lactobacillus alimentarius</i>	+	+	+	±	+
<i>Lactobacillus gasseri</i>	-	-	+	-	-
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	-	-	-	-	-
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	+	-	±	+	+
<i>Lactobacillus hilgardii</i>	-	-	+	-	±

++: Forte activité (diamètre auréole supérieure à 10 mm).

+: Activité moyenne (diamètre auréole comprise entre 5-10 mm).

±: Activité intermédiaire (diamètre auréole comprise entre 1-5 mm).

-: Activité nulle (pas d'auréole).

Tableau 3
Production qualitative des enzymes par les levures et moisissures isolées

Microorganismes	Enzymes				
	α -amylases	β -glucosidase	Pectine méthylesterase	Pectate lyase	Pectine lyase
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+	-	+	-	-
<i>Candida tropicalis</i>	++	±	+	+	+
<i>Candida pseudotropicalis</i>	±	-	-	+	-
<i>Candida krusei</i>	+	-	-	+	±
<i>Geotrichum candidum</i>	+	-	-	-	+
<i>Rhizopus nigrica</i>	+	-	-	-	-
<i>Rhizopus oryzae</i>	++	±	++	+	+
<i>Aspergillus flavus</i> Link	-	-	-	+	-
<i>Aspergillus niger</i>	+	-	+	-	-
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	+	-	+
<i>Aspergillus flavipes</i>	-	-	-	+	±
<i>Aspergillus sparsus</i>	-	-	±	±	-

++ : Forte activité (diamètre auréole supérieure à 10 mm).

+ : Activité moyenne (diamètre auréole comprise entre 5-10 mm).

± : Activité intermédiaire (diamètre auréole comprise entre 1-5 mm).

- : Activité nulle (pas d'auréole).

Geotrichum candidum. 66,66% des levures sont productrices d'amylases, 16,66% productrices de linamarase, et 52,77% productrices de pectinases. Les espèces *Rhizopus nigrica*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavipes* et *Aspergillus sparsus*, ont été isolées et identifiées. 35% sont productrices d'amylases, 25% produisent la linamarase et 75% produisent des pectinases (Tableau 3).

Activité enzymatique des souches sélectionnées

Les amylases: l'activité amylolytique observée au cours de ces expériences, indique globalement une meilleure activité chez les espèces *Lactobacillus* que chez les levures et les moisissures (Figure 2). Les cinétiques de production étant globalement similaires aux cinétiques classiques avec une phase de latence, une phase d'accélération, dont les durées varient selon les germes, une phase exponentielle avec accélération constante, et des légères phases stationnaires, la phase de mortalité est ici inapparente. On remarquera cependant que l'espèce *Rhizopus oryzae* donne les meilleurs résultats avec plus de 10.000 ± 1000 UE/l après 12 heures de fermentation. Toutes les autres souches des champignons n'atteignent pas ce résultat même après 96 heures de fermentation, temps au bout duquel on a chez la même souche, près de 20000 ± 500 UE/l. On observe, que les bactéries lactiques ont des taux variants de 5000 UE/l à 18000 UE/l. A cet égard on observera pour les souches de *Lactobacillus plantarum*, Lb₂, et Lb₁ une meilleure production d' α -amylase (Figure 1A). Les phases de latence varient de 12 heures chez Lb₂ à 48 heures chez Lb₁ alors que *Lactobacillus plantarum*

indique une phase d'adaptation de 24 heures. Cette durée de la phase d'adaptation est précurseur d'une phase d'accélération et d'une phase exponentielle dynamiques, qui par après présente les meilleurs taux de production (près de 17000 ± 500 UE/l), qui supplante largement les autres (Figure 2A) dont les optimums d'activités se limitent à 1500 ± 230 UE/l. La souche de *Lactobacillus plantarum*, dégrade jusqu'à 75% d'amidon en 72 heures de fermentation. Chez les levures et moisissures, seule la souche de *Rhizopus oryzae* présente une activité assez appréciable avec

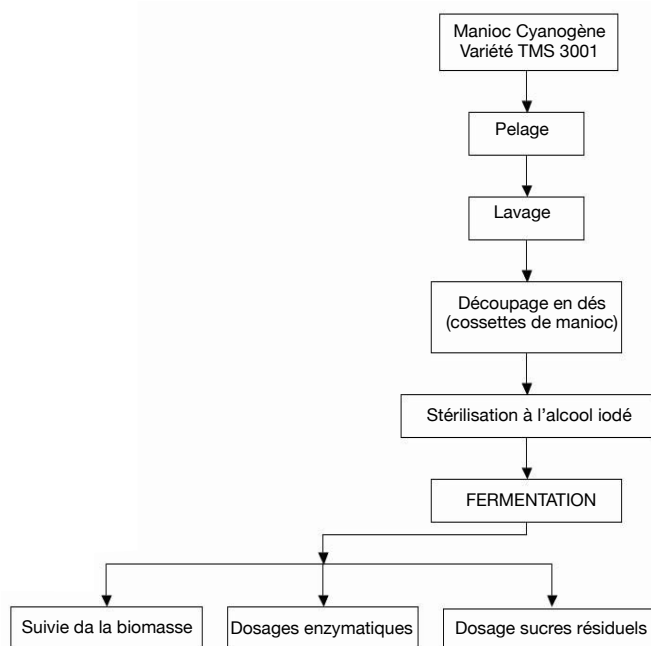


Figure 1: Flow sheet du procédé d'évaluation de la production des enzymes.

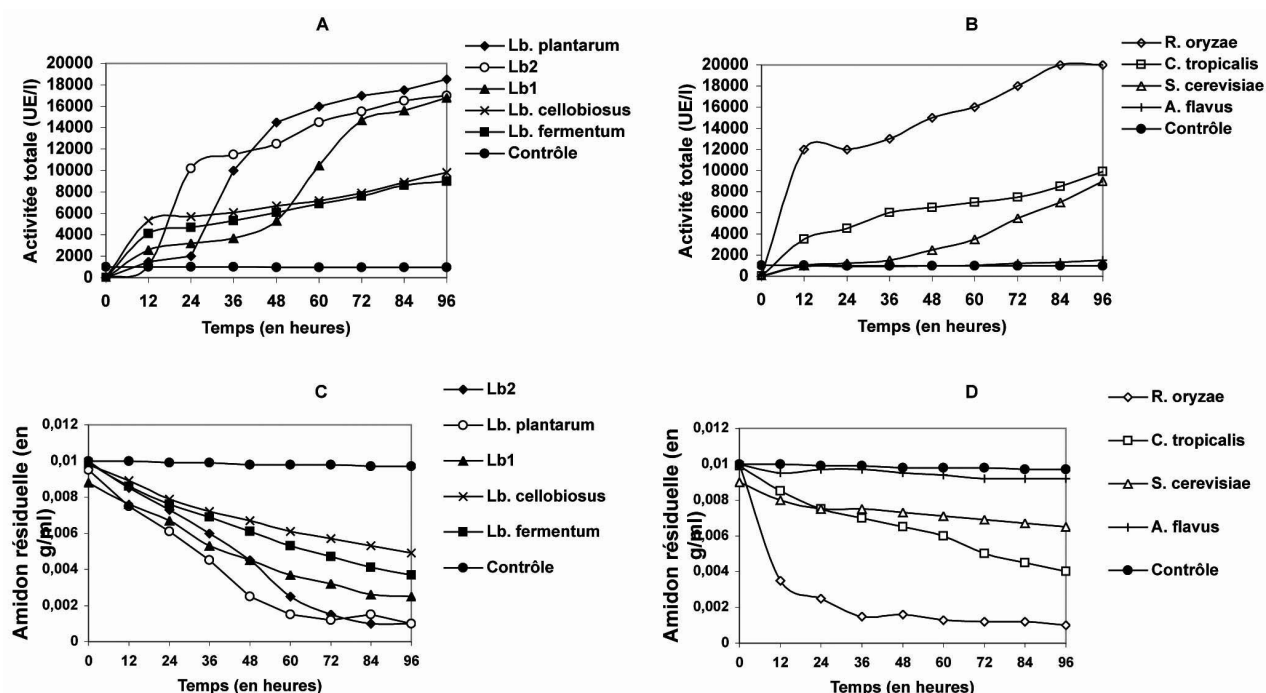


Figure 2: Activité amylolytique (A et B) et dégradation de l'amidon de manioc (C et D) au cours du temps par les souches sélectionnées.

près de 12000 UE/l après 12 heures de culture seulement (Figure 1B) et près de 20000 UE/l dès la 84^{ème} heure. On observe par ailleurs les meilleurs taux de dégradation avec *Rhizopus oryzae*, avec une digestion presque complète après 36 heures de fermentation et un taux résiduel d'amidon de l'ordre de $1,5 \pm 0,08$ mg/ml (Figure 3). On notera par ailleurs que l'espèce *Rhizopus oryzae* en 12 heures de temps métabolise environ 70% d'amidon et en 24 heures près de 85%, alors que les lactobacillus ont des activités globalement plus lentes et moins denses

mais avec des taux de dégradations non négligeables (Figure 2D). Il existe globalement une corrélation positive ($R^2 = 6,5$) entre l'augmentation de l'activité enzymatique et la dégradation de l'amidon (Figures 2 ABCD) ce qui laisse suggérer un effet de l' α -amylase produite par les microorganismes sur la dégradation de l'amidon. Les cinétiques de production d' α -amylase, et de dégradation de l'amidon de manioc varient cependant selon les souches ($p < 0,05$), on ne note pas de cinétiques type (Figure 2).

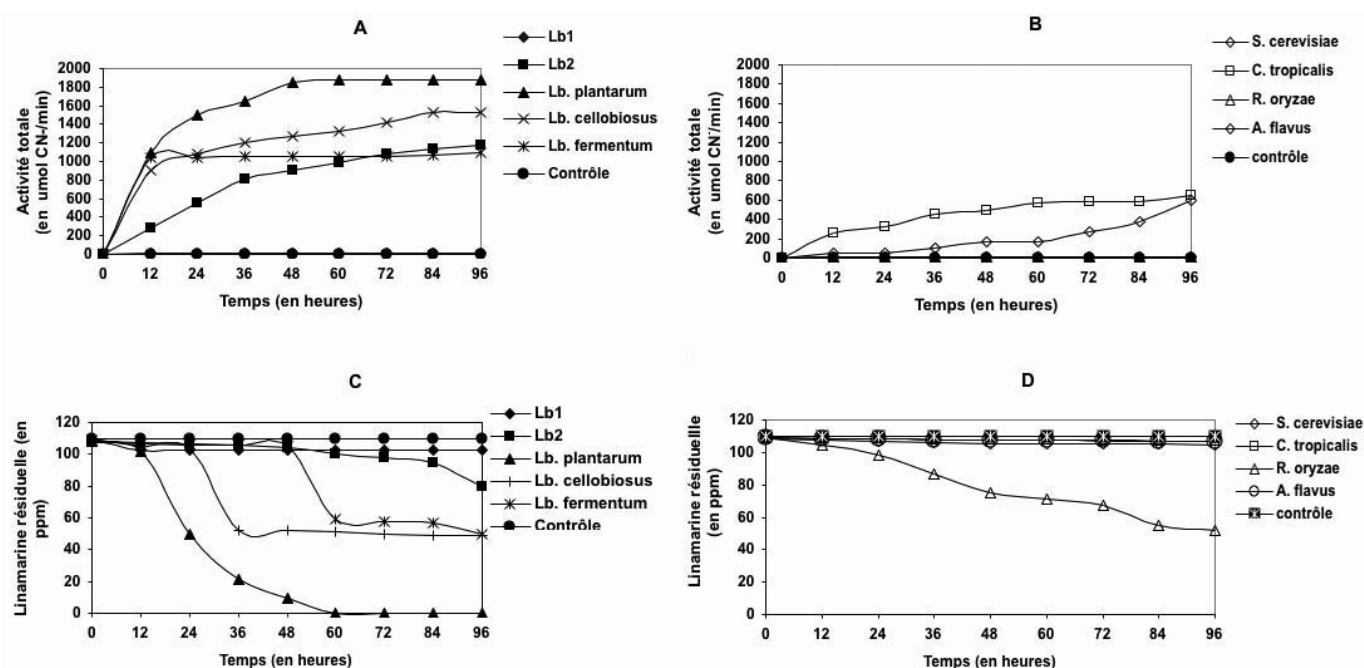


Figure 3: Production de linamarase et dégradation de la linamarine purifiée par les souches sélectionnées au cours du temps.

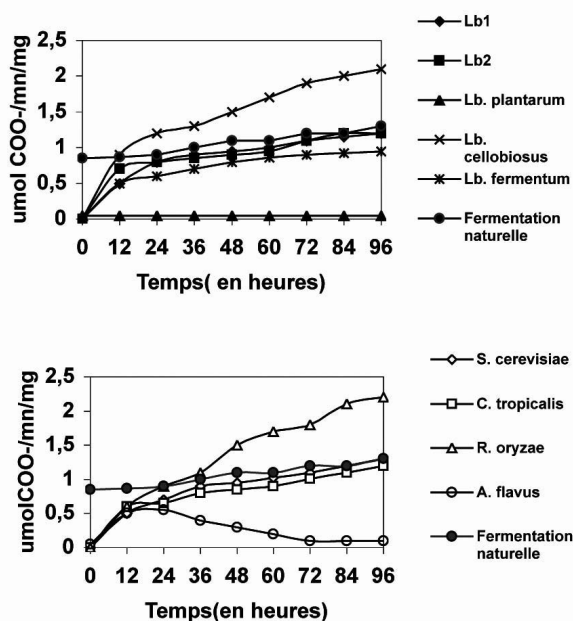


Figure 4: Production de la pectine méthylesterase par les souches sélectionnées au cours du temps.

La β -glucosidase: La production de la β -glucosidase, globalement ne suit pas comme pour l' α -amylase une cinétique classique de production de métabolite. Il n'existe pas de phase d'adaptation (Figures 4A et 4B) et la phase de mortalité n'apparaît pas clairement. La production si elle a lieu débute brusquement dès la première heure de fermentation, on a l'impression qu'elle est indépendante aussi bien du substrat utilisé que de la croissance microbienne car il n'existe pas de corrélation entre l'évolution de la biomasse et la production de cet enzyme. La souche de *Lactobacillus plantarum* semble être la meilleure, point de vue production de β -glucosidase, parmi tous les microorganismes isolés avec une activité de 1200 ± 100 μmol de CN^- /minutes, déjà après 12 heures de fermentation on a un total de 864000 ± 200 μmol de CN^- libérés. Après 48 heures on a une vitesse de libération de l'ordre de 2000 ± 300 μmol de CN^- /minutes. Après *Lactobacillus plantarum* on a la souche de *Lactobacillus cellobiosus* dont les vitesses de libération de CN^- des tubercules de manioc vont de 1000 ± 100 μmol de CN^- /minutes à 1400 ± 100 μmol de CN^- /minutes. L'activité β -glucosidase est globalement moins importante chez les levures et moisissures que chez les lactobacilles (Figures 4A et 4B). On note néanmoins une corrélation positive ($R^2 = 3,1$) entre l'activité de la β -glucosidase et la dégradation du glucoside (Linamarine) avec des taux de réduction variant globalement de 40 à 80% après 96 heures de fermentation.

La production des pectinases indique globalement une activité similaire aussi bien chez les bactéries lactiques que chez les levures et moisissures (Figure 4). On note une activité un peu plus accentuée chez

Lactobacillus cellobiosus et *Rhizopus oryzae* avec respectivement $1,7 \pm 0,7$ UE et $1,3 \pm 0,5$ UE, alors que le manioc en cours de fermentation développerait une activité de 0,9 UE pendant le même temps de fermentation (2).

Discussion

Il a été démontré au cours des études ultérieures que les microorganismes jouent un rôle important et même primordial dans les processus de fermentation du manioc cyanogène (8, 9). Vu le profil assez intéressant des lactobacilles en général, il est capital que parmi les souches devant faire partie d'un éventuel ferment pour la fermentation du manioc, on puisse avoir au moins un lactobacille. Nous devons particulièrement noter le profil assez bon de la souche de *Lactobacillus plantarum*, comme ferment potentiel. En effet, en nous référant aux résultats obtenus ci-dessus, elle est la meilleure souche productrice de deux enzymes au moins (α -amylase et β -glucosidase), de plus elle possède aussi une activité pectinase. La souche de *Rhizopus oryzae*, peut aussi être choisie car en plus de son potentiel enzymatique dont les principaux recherchés (α -amylase, β -glucosidase, et activité pectinase), cette souche a un potentiel énorme pour l'enrichissement protéique du manioc. En effet, elle donnerait une biomasse importante sur l'amidon de manioc et ce mycélium sont une source de protéines et de vitamine B (25). Ces deux souches pourraient donc être particulièrement intéressantes pour la mise au point d'un ferment de détoxification et d'enrichissement protéique du manioc cyanogène. La production qualitative de la β -glucosidase indique globalement qu'environ 46,66% des souches isolées sont susceptibles de participer à la détoxification du manioc en dégradant la linamarine. Il est à noter que la β -glucosidase est l'enzyme principale responsable de la dégradation naturelle des glucosides cyanogénétiques du manioc (6). Les microorganismes producteurs de la linamarase isolés ici pourraient jouer un rôle dans les processus de détoxification du manioc aux côtés de la linamarase endogène. Ejiofor et Okafor (10), Okafor (16), indiquent d'ailleurs le rôle capital des microorganismes dans l'achèvement des processus de dégradation des composées cyanés. Westby et Twiddy (27) utilisant des souches de *Saccharomyces cerevisiae* comme levain, ont indiqués des résultats significatifs en abaissant considérablement le taux de glucosides cyanogénétiques et de résidus cyanés dans la farine de céréales notamment la farine de sorgho (11). Oyewole et Odunfa (19, 20) ont révélé que certaines souches de moisissures entrant dans la fermentation du manioc et plus précisément *Aspergillus sydowi* et *Fusarium esquiseti* produisent la linamarase responsable de l'hydrolyse des glucosides cyanogénétiques.

Concernant la production des cellulases, environ 53,33% des souches isolées sont susceptibles

d'attaquer les structures du squelette de la paroi cellulaire (pectine) des tubercules de manioc et de contribuer ainsi à ramollir rapidement les tubercules au cours du rouissage. Ceci aurait comme conséquence la libération de la linamarine endogène. Yandju (28) indique à cet effet que les champignons détectés en fin de fermentation du manioc, seraient responsables de ce ramollissement en produisant des cellulases. Parmi les souches isolées, comme nous l'avons indiqués, trois n'ont put être identifiées, car n'ayant pas de profils, comparables par les méthodes classiques de codification décrits dans le "Bergey's manual", le manuel d'identification API 50CH N° 5030 (Strip, biomerieux charbonnière, bains France), et suivant la classification taxonomique de Hammes *et al.* (13) et, Kandler et Wiess (14). Nous avons exclu

l'hypothèse d'une mauvaise manipulation en répétant l'identification (Tableau 1). Nous pensons que ces souches pourraient être le résultat de mutations ou alors ce seraient tout simplement de nouvelles souches encore non identifiées.

Conclusion

La mise au point d'un starter pour fermentation du manioc que nous envisageons pour la suite de ce travail à partir des souches isolées, sera d'une grande importance pour le monde rural, notamment dans le cas de la production des dérivés du manioc le plus couramment consommés (cossettes, gari, tapioca...) où l'on recherche principalement une détoxification et une acidification importante associée à une production élevée d'acide lactique.

Références bibliographiques

- Ampe F. & Brauman A., 1995, Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava. *World. J. of Microbiol. Biotechnology*, 23, 345-402.
- Ampe F., Kéléké S., Robert H. & Brauman A., 1995, The role and origin of pectin degrading enzymes during cassava retting. *In: Agbor E., Brauman A., Griffon D., Trèche S. éd.: Transformation alimentaire du manioc. Orstom. Paris. pp 331-344.*
- Bokanga M., 2001, Cassava: Post-harvest opérations, 220 p éd. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.
- Brauman A., Kéléké S., Mavoungou O., Ampe F. & Miambi E., 1995, Etude d'une fermentation lactique traditionnelle des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo). *In: Agbor E., Brauman A., Griffon D., Trèche S. éd.: Transformation alimentaire du manioc. Orstom. Paris.*
- Brisou J., 1971, Techniques d'enzymologie bactérienne, (Eds Masson et C^{ie}) 290 pages.
- Buttiaux R., Beerens H., Taquet A., 1974, Manuel de techniques bactériologiques, 4^{ème} ed. Flammarion, Paris, 70 p.
- Collar P. & Lévy S., 1959, A two stage fermentation of cassava. *Nature*, 183, 620-621.
- Djouldé D.R., 1998, Effet de la fermentation sur les composés cyanogénétiques du manioc, Mémoire de maîtrise de Biologie Appliquée, Faculté des Sciences Université de Ngaoundéré, 62 pages.
- Djouldé D.R., Essia Ngang J.J & Etoa F-X., 2000, Amélioration du rouissage du manioc cyanogène, *Biosciences Proceeding*, vol 7 pp. 126-134.
- Ejiofor M.A.N. & Okafor N., 1981, Comparision of pressed and unpressed cassava pulp for gari making; tropical root crop: research strategies for the 1980. Terry E.R., Odoro K.A., Caveness eds FDRC, in Ottawa, Canada, 54-159.
- Esser A.J.A. & Nout M.J.R., 1989, The safety of dark, moulded cassava flour compared with with - A comparison of traditionally dried cassava pieces in north east Mozambique. *Tropical Agriculture*, Ibadan, Nigeria, p. 7-10.
- Giraud E., Brauman A., Kéléké S., Gosselin L. & Raimbault M., 1995, Contrôle de la fermentation du manioc pour un meilleur gari: utilisation d'un starter de *Lactobacillus plantarum* à activité linamarase et amylase, *In: Transformation alimentaire du manioc. Ed Agbor E., Brauman A., Griffon D., Trèche S., Orstom. Paris.*
- Hammes W.P., Weiss N. & Holzapfel W., 1992, The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. *In: Prokariotes* (Eds B.Albert, H.G. Truper, M. Dworkin, W. Harder, H.K. Schleifer. 2nd Eds., Vol 2 New York Inc. Springer- Verlag.
- Kandler O. & Wiess N., 1986, Regular, non-sporing gram-positive rods. *In: Sneath P.H.A., Mair N., Sharpe M.E., Holt J.G., éd.: Bergey's manual of systematic bacteriology. Vol 2. Baltimore. Williams and Wilkins, 1208-1234.*
- Nambissam S., 1985, Effect of processing on the cyanoglucosides content of cassava. *Journal of Science of food and Agriculture* 36, 1199-1203, Bokanga 2001.
- Okafor N., 1977, Microorganisms associated with cassava fermentation for "gari" production. *Journal of Applied Bacteriology*, 42, 279-284.
- Okafor N., Ijioma B. & Oyolu C., 1984, Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production, *Journal of Applied Bacteriology*, 42, 279-284.
- Olukoya D.K., 1995, Screening of local isolate of *Lactobacillus* for characters useful in African food fermentations. *In: Transformation alimentaire du manioc. Eds T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon. and S. Trèche, 1995, Editions ORSTOM: 345-352.*
- Oyewole O.B. & Odunfa S.A., 1988, Microbiological studies on cassava fermentation for «Lafun» production food microbiology, 5, 125-133.
- Oyewole O.B., 1992, Cassava processing in Africa. *In: Application of biotechnology to traditional fermented foods. Report of an ad-hoc panel of the board on science and technology for international development, USA, National Research Council, 89-92.*
- Oyewole O.B., 1995, Application of biotechnology to cassava processing in Africa. *In: Transformation alimentaire du manioc* (Eds T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon and S. Trèche,) pp. 277-286 Paris, ORSTOM.
- Rainbaul, 1995, Bactéries lactiques et fermentation du manioc. *In: Transformation alimentaire du manioc. (Eds T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon and S. Trèche.) pp. 258-275, Paris, ORSTOM.*
- Sharp M.E., Fryer T.F. & Smith D.G., 1966, Identification of the lactic acid bacteria. *In: Identification methods for microbiologists, Part A, (Eds B.M Gibbs & F.A. Skinner, London & New York: Academic Press.*
- Starr M.P., Chatterjee A.K., Starr P.B. & Buchanan G.E., 1977, Enzymatic degradation of polygalacturonic acid by *Yersinia* and *Klebsiella* species in relation to clinical laboratory procedures. *J. Clin. Microbiol.* 6, 379-386.
- Svanberg U. & Svanberg A., 1989, Improved iron availability in weaning foods using germination and fermentation. *In: Nutrient availability: Chemical and biological aspects. Ed. Southgate D., Johnson D., Fenwick G., Royal society of Chem., Special Pub. N° 72: 179-181.*
- Sylvestre M. & Arreaudeau T., 1983, Le manioc, 159 p. Editions ORSTOM.
- Westby A. & Twiddy D., 1992, Role of micro-organisms in the reduction of cyanide during traditional processing of African cassava products. *In: IFS Proceed. Workshop Trad. African Foods, Quality and Nutrition, 25-29 Nov. 1991, Ed. Westby et Reilly, 127- 131.*
- Yandju D.L., 1989, L'importance des moisissures dans le ramollissement du manioc en fermentation sèche. Mémoire de D.E.S., Fac.Sc. UNIKIS, Kisangani, Zaïre.

R. Djouldé Darman, Camerounais, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, B.P. 33, Maroua, Cameroun.

F.-X. Etoa, Camerounais, Département de Biochimie, Université de Yaoundé, B.P.1457, Yaoundé, Cameroun.

J.-J. Essia Ngang, Camerounais, Microbiologiste, Chargé de cours des universités camerounaises, Responsable de laboratoire de microbiologie appliquée, Université de Yaoundé I, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

C.M.F. Mboufung, Camerounais, Department of Food Sciences and Nutrition, National Advanced School of Agro-Process Industries, University de Ngaoundéré, P.O. Box 455, Ngaoundéré, Cameroun.

Effect of Stocking Density on Performance of Growing Rabbits in the Semi-humid Tropics

T. Iyeghe-Erakpotobor Grace & S.A.S. Olorunju

Keywords: Stocking density- Weight gain- Feed intake- Body condition- Rabbit

Summary

Sixty growing rabbits were housed at densities of 6.7, 10, 13.3, 16.7 and 20 rabbits/m² in wood and poultry wire mesh cages for six weeks and fed a common diet of 22.6% CP and 2600 kcal/kg ME. Parameters measured were feed intake, weight gain, feed conversion ratio, body condition, fur condition and body bites.

Stocking density significantly ($P < 0.05$) affected feed intake and weight gain but not feed conversion ratio of rabbits. Rabbits stocked at densities of 6.7, 10 and 13.3 rabbits/m² had higher average daily gain than those stocked at higher densities. Feed intake was higher at higher densities. The trend shows a significant decrease in feed intake by individual rabbits as stocking density increases in week 1-2 and 3-4. Feed conversion ratio was poorer at higher densities (16.7, 20 rabbits/m²) than at lower densities (6.7, 10, 13.3 rabbits/m²). There was no definite relationship between stocking density and mortality rate of rabbits. Rabbits stocked at 6.7 to 13.3 rabbits/m² had significantly higher body condition score and fur condition compared with those stocked at 16.7 and 20 rabbits/m². There were no differences in body bites for all the stocking densities. It is concluded from this study that the optimum stocking density for rabbits in the semi-humid tropics is 13.3 rabbits/m².

Résumé

Effet de la densité sur la croissance des lapins en zone tropicale semi-humide

Soixante lapins en croissance ont été répartis dans des cages en bois et grillage communément utilisées pour les poulets selon les densités suivantes: 6,7; 10; 13,3; 16,7 et 20 lapins/m². Ils ont été suivis pendant six semaines et nourris uniformément avec une ration de 22,6% protéines brutes (PB) et 2600 kcal/kg d'énergie métabolisable (EM). Les paramètres mesurés étaient: l'ingestion d'aliment, le gain de poids, le coefficient de conversion alimentaire, l'état du corps, l'état du pelage et les morsures.

La densité des lapins a affecté de manière significative ($P < 0,05$) l'ingestion d'aliment et le gain de poids mais pas le coefficient de conversion alimentaire. Les densités de 6,7; 10 et 13,3 lapins/m² ont donné en moyenne le meilleur gain quotidien de poids comparées aux densités supérieures de lapins/m². L'ingestion alimentaire était plus élevée pour les densités supérieures de lapins/m². Il y a une tendance à la réduction de l'ingestion alimentaire par les lapins conformément à l'augmentation de leur densité pendant les semaines 1-2 et 3-4. Le coefficient de conversion alimentaire était plus faible pour les densités supérieures (16,7; 20 lapins/m²) que pour les densités inférieures (6,7; 10 et 13,3 lapins/m²). Il n'y avait pas de relation entre la densité des lapins et leur taux de mortalité. Les densités de 6,7 à 13,3 lapins/m² ont donné un meilleur résultat pour l'état corporel et l'état du pelage, comparées aux résultats pour les densités de 16,7 et 20 lapins/m². Pour toutes les densités prises en considération, il n'y a pas eu de différence en matière de morsures. La conclusion de cette étude est que la densité maximale de lapins en zone tropicale semi-humide est de 13,3 lapins/m².

Introduction

Food safety starts from the farm and could be negatively affected by management factors such as hygiene and stocking density (25). High stocking density affects the posture (standing/lying postures), feeding behaviour and welfare of animals and therefore affects productivity adversely (12). Colony size did not appear to affect spatial distribution of birds but rather, more standing behaviour and less feeding behaviour were observed in the smallest and largest colony sizes (4). Reducing pen space decreased overall average

daily gain and gain/feed and tended to decrease overall average daily feed intake of pigs (14).

There appears to be an interaction between environmental temperature and stocking density on the performance of animals. Reiter & Bessei (17) observed that the temperature under the surface of the litter, at litter surface and at 10 cm above litter surface increased significantly with increasing stocking rate of birds and concluded that high temperature between and underneath the birds was the main

cause of reduced weight gain at high stocking rate. High stocking density reduced live weights of broiler chickens (23) and had greater influence on daily weight gains of pigs than the type of litter (9). Average daily gain of pigs in the first half of the finishing period was negatively influenced by group size and positively influenced by number of feeding spaces (24).

As the rearing densities increased, the mortality increased in poultry birds (15). Hall (8) studied the effect of two levels of house stocking density on welfare and behaviour of broilers and reported that at high stocking density, daily mortality at rearing period was greater, while incidence of leg problems, contact dermatitis and carcass bruising also increased. Pecking damage increased with stocking density, group size and a group size x density interaction in bantams (20). Group size also had a significant effect on feather condition with large group sizes having most feather damage (2). Sigognault *et al.* (22) conducted experiments with guinea-fowl chicks reared for 70 days under 24 combinations of husbandry conditions and reported that high stocking density resulted in poor feathering and poor skin condition. High stocking rate in pigs has been shown to result in high skatole levels in the carcass (7) therefore making the meat unacceptable to consumers. Risk factors for respiratory diseases included stocking density, air quality, manure management and general hygiene (26).

Rabbits are quiet animals that can grow almost anywhere in the world. They are small and therefore occupy smaller space compared with pigs, sheep, goats and cattle. In the rabbit production enterprise, farmers have to raise and produce the maximum number of marketable rabbits per year to attain high profitability (16). One way of doing this is to increase the number of rabbits stocked in a cage or house thereby maximizing available space. A high cage density reduces production costs, but this might influence the performance and increase the mortality rate of rabbits (10, 16).

In most backyard rabbit enterprises, cages are used to rear rabbits. It is important that a stocking rate is obtained which maximizes cage capacity of farmers while not adversely affecting production parameters and hence profitability of the enterprise. This is especially important in the tropics, which is characterized by high ambient temperatures. This study was carried out therefore, to evaluate the influence of stocking density on performance of growing rabbits under tropical conditions.

Material and methods

Animals

Sixty growing rabbits of between 3 and 4 months age and average weight of 1220 g were used for the study. The rabbits were kept in a completely walled house with open windows covered with poultry wire mesh.

The house had windows on opposite walls for proper ventilation.

Experimental procedure

The rabbits were randomly allocated to five stocking densities of 6.7, 10, 13.3, 16.7 and 20 rabbits/m² corresponding to 2, 3, 4, 5 and 6 rabbits per cage in a completely randomized design. The rabbits were kept in cages made of wood and poultry wire mesh with dimensions 60 x 50 x 30 cm. The treatments were replicated three times. The rabbits were provided a concentrate meal (22% CP and 2600 kcal ME/kg) consisting on percentage basis of: maize 44.4, groundnut cake 37.2, wheat offal 15, bone meal 2.8, salt 0.3 and vitamin/mineral premix 0.3 in flat-bottomed earthen pots at 8.00 hours in the morning and forages such as lablab and groundnut haulms were fed in the evening at 15.00 hours in plastic trays. Water was supplied *ad libitum* daily in flat bottom earthen pots.

Performance parameters determined were feed intake, weight gain, feed conversion ratio, body condition, fur condition and bites. Feed intake was determined daily by weighing feed supplied, feed left over and/or wasted and subtracting feed left over and wasted from feed supplied. Body measurements were taken weekly. Body condition was scored on the scale of 1 to 5, with 1 being very poor and 5 very good by running the palm of the hand across the backbone to determine the level of muscle cover. Fur condition was scored by the presence or absence of rough skin or hair falling off the skin, on a scale of 1 to 3 with 1 being poor with very rough skin incidence and 3 good, healthy skin condition (smooth fur). Bites were determined by the presence or absence of fight wounds on the skin on a scale of 1 to 3 with 1 being no bites and 3 much skin wounds. The trial was conducted for six weeks in the hot-dry season (April-May) with minimum temperatures of 20 °C and maximum temperatures of 35 °C.

Data analysis

Data collected were subjected to analysis of variance test and orthogonal pair-wise difference method was used to test for significant differences between treatments (19).

Results

Stocking density significantly ($P < 0.05$) affected group feed intake and weight gain but not feed conversion ratio of the rabbits (Table 1).

Rabbits stocked at densities of 6.7, 10 and 13.3 rabbits/m² had higher average daily gain (ADG) than those stocked at 16.7 and 20 rabbits/m². Group ADG was observed to increase with increase in stocking density from 6.7 to 13.3 rabbits/m² before decreasing at higher densities. Feed intake for the group increased with stocking density up to 16.7 rabbits/m². Feed conversion

ratio was poorer at higher densities (16.7, 20 rabbits/m²) than at lower densities (6.7, 10, 13.3 rabbits/m²). The effect of stocking density on individual rabbit feed intake is shown in table 2.

The trend shows a significant decrease in feed intake by individual rabbits in the groups as stocking density increased in the first and second, and third and fourth weeks of the study. No significant difference in feed intake of individual rabbits was observed in the fifth and sixth week of the study. Total and daily individual feed intake reduced significantly as the stocking density increased.

A different trend was observed for individual rabbit weight gain (Table 3).

Significantly higher weight gain was obtained in stocking densities of 6.7 and 10 in the first and second weeks while in the third and fourth weeks, rabbits in densities of 6.7 and 13.3 had higher weight gain. There was no difference in weight gain for all the stocking densities in week 5-6. Total and daily weight gain was however, higher for rabbits stocked at densities of 10 and 13.3 compared with 16.7 and 20. The trend shows an increase in weight gain of individual rabbits in the groups with increase in stocking density up to 13.3 and then a reduction at 16.7 and 20 rabbits/m². Rabbits stocked at 6.7 to 13.3 rabbits/m² had significantly higher body condition score (Table 4) compared with those stocked at 16.7 and 20 rabbits/m².

Table 1
Effect of stocking density on group performance of growing rabbits

Parameter	Cage density (No/m ²)					SEM
	6.7	10	13.3	16.7	20	
Rabbits per cage	2	3	4	5	6	
Initial weight (g)	1280	1249	1220	1260	1100	
Final weight (g)	1780	1750	1810	1550	1500	23.05
Ave. daily gain (g)	14 ^b	14.3 ^b	16.7 ^b	8 ^a	10.7 ^a	1.02
Ave. daily feed intake (g/cage)	127.6 ^a	172 ^a	210.3 ^b	258.3 ^c	218.7 ^b	5.25
Feed/gain ratio	9.1	12	12.6	32.3	20.5	6.22
Mortality (dead/total)	1/6	0/9	2/12	0/15	4/18	-

Means with different superscripts along rows are significantly different (P< 0.05). SEM – Standard error of mean.

Table 2
Effect of stocking density on individual feed intake of growing rabbits

Feed intake (g/rabbit)	Stocking density (No/m ²)					SEM
	6.7	10	13.3	16.7	20	
Week 1-2	975 ^a	883 ^{ab}	774.3 ^{bc}	653.3 ^c	638.2 ^c	42.94
Week 3-4	825 ^a	699 ^{ab}	764 ^{ab}	740 ^{ab}	640.6 ^{bc}	50.12
Week 5-6	933.3	866.7	900	773.3	736.8	67.78
Total*	2742 ^a	2448.7 ^{ab}	2438.7 ^{ab}	2166.7 ^{bc}	2015.6 ^c	148.6
Daily	65.29 ^a	58.3 ^{ab}	58.06 ^{ab}	51.59 ^{bc}	47.99 ^c	3.54

Means with different superscripts along rows are significantly different (P< 0.05). SEM – Standard error of mean.

* of surviving rabbit

Table 3
Effect of stocking density on individual weight gain of growing rabbits

Weight gain (g/rabbit)	Stocking density (No/m ²)					SEM
	6.7	10	13.3	16.7	20	
Week 1-2	175 ^{ab}	239 ^a	1523 ^b	87 ^c	152 ^b	35
Week 3-4	200 ^a	172 ^b	181 ^{ab}	100 ^c	67 ^c	29
Week 5-6	75	167	158	93	117	37
Total	400 ^{ab}	500 ^a	525 ^a	287 ^c	323 ^{bc}	63
Daily	9.5 ^{ab}	11.9 ^a	12.5 ^a	6.8 ^c	7.7 ^{bc}	1.5

Means with different superscripts along rows are significantly different (P< 0.05). SEM – Standard error of mean.

Table 4
Effect of stocking density on body condition score, fur condition and bites of growing rabbits

Parameter	Stocking density (No/m ²)					SEM
	6.7	10	13.3	16.7	20	
Body condition	3.3 ^a	4 ^a	3.33 ^a	2.27 ^b	2 ^b	0.23
Fur condition	3 ^a	3 ^a	2.67 ^{ab}	2.27 ^b	1.8 ^b	0.23
Bites	1	1	1	1.13	1	0.08

Significantly better ($P < 0.05$) fur condition was observed for rabbits stocked at 6.7 and 10 than 16.7 and 20 rabbits/m². Rabbits stocked at 13.3 had similar fur condition with those stocked at lower and higher densities. The trend however showed a decrease in fur condition with increase in stocking density. There were no differences in fighty bites for all the stocking densities.

Discussion

Stocking density significantly influenced growth rate of birds, with those in low-density groups being on the average, 27 g (1.8%) heavier than those in the high-density groups (6). Kaczor and Szyndler (11) however, reported decreased body weight of broilers with increase in stocking density at nine weeks old. Reduced live weight of broilers (23) and decreased weight gain of kids (21) at high stocking density have also been reported. Martrenchar *et al.* (13) attributed the decrease in body weight with increasing stocking density to a decrease in floor space. Change in average daily gain with increase in stocking density observed in this study, is similar to what was obtained by Prawirodigdo *et al.* (16) where rabbits stocked at 14.4 rabbits/m² performed better than those stocked at 8.6 and 11.5 rabbits/m². Rabbits stocked at densities of 11.6 and 15.4/sq.m were reported to gain at a significantly greater rate than those at 19.3 and 23.2/sq.m (10) indicating an improvement in performance as density increases up to an optimum level.

Beremski (1) reported that increasing stocking density of birds above 16/m² decreased access to feed and water resulting in significant decrease in gain. Increasing stocking density significantly decreased dry matter intake of kids (21). The reduction in feed conversion efficiency in this study could also be related to overcrowding resulting in lack of comfort. The reduction in feed intake observed for rabbits stocked at 20 rabbits/m² indicates probably a reduction in feeding space or lack of comfort due to overcrowding.

Increased incidence of contact dermatitis and carcass bruising in broilers at high stocking density was reported by Hall (8). Skin lesions as a result of overcrowding was reported to be responsible for downgrading 5-10% of guinea fowl carcasses in France, while high stocking density resulted in increased incidence of injured carcasses from 13.5 to 53% (22). Cain (3)

reported that feather pecking significantly reduced with increasing floor space/bird. There appear to be no definite relationship between stocking density and mortality rate of rabbits. Maertens and De Groote (10) obtained similar results. Reduction in body and fur condition at 16.7 and 20 rabbits/m² observed in this study indicates a reduction in acceptability of such rabbits to consumers especially where rabbits are marketed live because most consumers prefer rabbits with good body condition and smooth furs.

Stocking density was found to have no effect on total number of aggressive interactions of prepubertal lambs, because they associated preferentially with flock mates (18). While, scratch scores were significantly correlated with stocking density at all ages in broiler chickens (5). The absence of a significant effect of stocking density on fighty bites observed in this study shows that the rabbits were not aggressive to one another and therefore did not fight much even when stocked at the highest density. This could likely be because the rabbits were mainly females, while the males had not reached sexual maturity.

Results obtained from this study are similar with studies carried out in Belgium (10) and United States of America (16). The optimum stocking density of 13.3 rabbits/m² obtained in this study, is however, higher than the optimum stocking density of 6 rabbits/m² reported in literature (16). However, the fact that high densities were used by these researchers (14.4 and 15.4 rabbits/m² at 19 °C) without affecting growth rate could indicate that the optimum stocking density is also likely to be affected by temperature. This could probably explain why at stocking densities of 16.7 and 20 rabbits/m² growth rate was adversely affected in this study.

Conclusion

It is concluded from this study that increasing stocking density from 6.7 to 20 rabbits/m² significantly affected feed intake, weight gain, body condition score and fur condition but not feed/gain ratio and mortality rate of rabbits. Stocking rabbits at densities exceeding 13.3 rabbits/m² had significant negative effect on rabbit growth rate for the cage dimensions used in this study under tropical conditions.

Literature

1. Beremski Ch., 1982, Effect of stocking density and length of rearing on the productivity of broilers. *Nutr. Abstr. Rev. series B*, **52**, 1, 44-45. No. 369.
2. Bilcik B. & Keeling L.J., 1999, Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science*, **40**, 4, 444-451.
3. Cain J.R., Weber J.M., Lockamy T.A. & Creger C.R., 1984, Grower diets and bird density effects on growth and cannibalism in ring-necked pheasants. *Poultry Science*, **63**, 3, 450-457.
4. Channing C.E., Hughes B.O. & Walker A.W., 2001, Spatial distribution and behaviour of laying hens housed in an alternative system. *Applied Animal Behaviour Science*, **72**, 4, 335-345.
5. Elfadil A.A., Vaillancourt J.P. & Meek A.H., 1996, Impact of stocking density, breed, and feathering on the prevalence of abdominal skin scratches in broiler chickens. *Avian Diseases*, **40**, 3, 546-552.
6. Elwinger K., 1995, Broiler production under varying population densities-a field study. *Archiv für Geflügelkunde*, **59**, 4, 209-215.
7. Hansen L.I., Larsen A.E., Jensen B.B., Hansen-Møller J. & Barton-Gade P., 1994, Influence of stocking rate and faeces deposition in the pen at different temperatures on skatole concentration (boar taint) in subcutaneous fat. *Anim. Prod.*, **59**, 1, 99-110.
8. Hall A.L., 2001, The effect of stocking density on the welfare and behaviour of broiler chickens reared commercially. *Animal Welfare*, **10**, 1, 23-40.
9. Kaczor A. & Szyndler J., 1999, Living conditions and body weight gains of fattening pigs kept on different litters. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, **26**, 4, 365-376.
10. Maertens L. & De Groote G., 1984, Influence of the number of fryer rabbits per cage on their performance. *J. Appl. Rab. Res.*, **7**, 4, 151-155.
11. Mandekar S.M. & Thatte V.R., 1986, Effect of stocking density on growth of broilers reared in cages. *Indian J. Poultry Science*, **21**, 2, 149-150.
12. Martrenchar A., Morisse J.P., Huonnic D. & Cotte J.P., 1997, The influence of stocking on some behavioural, physiological and productivity traits of broilers. *Veterinary Research*, **28**, 5, 473-480.
13. Martrenchar A., Huonnic D., Cotte J. P., Boilletot E. & Morisse J.P., 1999, Influence of stocking density on behavioural, health and productivity traits of turkeys in large flocks. *British Poultry Science*, **40**, 3, 323-331.
14. Matthews J.O., Southern L.L., Bidner T.D. & Persica M.A., 2001, Effects of betaine, pen space, and slaughter handling method on growth performance, carcass traits, and pork quality of finishing barrows. *Journal of Animal Science*, **79**, 4, 967-974.
15. Oliveira J.E., de Sakomura N.K., Figueiredo A.N., Lucas Junior J., de Santos T.M.B., dos De Oliveira J.E., De Lucas Junior J. & Dos Santos T.M.B., 2000, Effect of thermal insulation under the roof on performance of broiler chickens stocked at different densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29**, 5, 1427-1434.
16. Prawirodigo S., Raharjo Y.C., Cheeke P.R. & Patton N.M., 1985, Effect of cage density on the performance of growing rabbits, *J. Appl. Rab. Res.*, **8**, 2, 85-88.
17. Reiter K. & Bessei W., 2000, Effect of stocking density of broilers on temperature in litter and at bird level. *Archiv für Geflügelkunde*, **64**, 5, 204-206.
18. Ruiz de la Torre J.L. & Manteca X., 1999, Behavioural effects of social mixing at different stocking densities in prepubertal lambs. *Animal Welfare*, **8**, 2, 117-126.
19. SAS, 1987, Institute INC, 1987, SAS/STAT. Guide for personal computers, Version 6. ed. pp. 697-978.
20. Savory C.J., Mann J.S. & Macleod M.G., 1999, Incidence of pecking damage in growing bantams in relation to food form, group size, stocking density, dietary tryptophan concentration and dietary protein source. *British Poultry Science*, **40**, 5, 579-584.
21. Sevi A., Muscio A. & Campanaro G., 1995, Effect of stocking density on productive performance and behaviour of artificially reared female kids. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, **21**, 2, 111-117.
22. Sigognault A., Drouin P., Toux J.Y., Guittet M. & Bennejean G., 1994, Cutaneous lesions in guinea fowl broilers: influence of stocking density, sex and lighting regimen. *Proceedings of the 8th International Congress on Animal Hygiene*, St. Paul, Minnesota, USA, 12-16 September 1994. AW21-AW24.
23. Sorensen P., Su G. & Kestin S.C., 2000, Effects of age and stocking density on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science*, **79**, 6, 864-870.
24. Spooler H.A.M., Edwards S.A. & Corning S., 1999, Effects of group size and feeder space allowance on welfare in finishing pigs. *Anim. Science*, **69**, 3, 481-489.
25. Stark K.D.C., 2000, Food safety achieved through herd management. *SAT, Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, **142**, 12, 673-678.
26. Stark K.D.C., Pfeiffer D.U. & Morris R.S., 1998, Risk factors for respiratory diseases in New Zealand pig herds. *New Zealand Veterinary Journal*, **46**, 1, 3-10.

G.T. Iyeghe-Erakpotobor, Nigerian, Ph.D, Head of Rabbit Research Unit, Animal Scientist.

S.A.S. Olorunju, Nigerian, Ph.D, Head of Data Processing Unit, Biometrician.

Préférences alimentaires de *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) vis-à-vis de quelques clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.)

A.M. Badegana*, J. Amang** & J.M. Mpe**

Keywords: Attractiveness– Cocoa clone– Feeding preference– Feeding sting– Microtest- *Sahlbergella singularis* Hagl.

Résumé

La sélection des clones résistants à *Sahlbergella singularis* Hagl. a été effectuée en laboratoire selon la technique de microtests. Elle a porté sur quatorze clones. Le clone Sca6 a été choisi comme témoin de référence. Un indice (i) qui exprime le rapport entre le nombre de piqûres alimentaires dénombrées sur l'objet et celui inventorié chez le témoin de référence a été calculé. Il a permis de quantifier les niveaux d'attractivité des clones vis-à-vis de *S. singularis* et de les classer en trois groupes: clones moins attractifs ($i < 1$); clones non différents ($i = 1$); clones plus attractifs ($i > 1$). Les résultats obtenus montrent que le nombre moyen de piqûres alimentaires dénombrées sur le témoin de référence (tr) est compris entre 5,49 et 5,62 ($5,49 \leq tr \leq 5,62$) et celui obtenu sur les autres clones (tc) compris entre 5,29 et 6,18 ($5,29 \leq tc \leq 6,18$). Le clone Na33 a le nombre moyen de piqûres le plus élevé (6,18) et IFC100 le plus faible (5,29).

Le clone haut amazonien Na33 est le plus attractif alors que les clones ICS100, IFC100 (trinitario exotiques) Sca12 (catongo) et Na32 (haut amazonien) sont moins attractifs. Par contre les clones IFC1363, IFC1362, IFC1374 (catongo), UPA337, T6o/887, ICS1 et IMC60 (hauts amazoniens) et ICS95 (trinitario exotique) sont non différents. La réactivité ne semble pas être liée à l'origine du clone. Hormis le clone haut amazonien Na33 le plus attractif, on trouve, parmi les clones non différents et moins attractifs, aussi bien des trinitario exotiques, des catongo que des hauts amazoniens.

Summary

Feeding Preferences of *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) to some Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Clones

The selection of cocoa clones, resistant to *Sahlbergella singularis* Hagl. was done in the laboratory according to the standardized method of indoor microtests based on the study of mirid feeding preferences. Fourteen cocoa clones were involved. The Sca6 clone was the control. An index (i) which expresses the ratio of the number of stings on the clone to that obtained on the control was calculated for each cultivar. Which has enabled to quantify the levels of attractiveness of cocoa clones to *S. singularis* and to classify these clones in three groups: less attractive clones ($i < 1$), non different ($i = 1$) and more attractive ($i > 1$). The results obtained showed that the mean numbers of feeding stings on the control (tr) ranged from 5.49 to 5.62 ($5.49 \leq tr \leq 5.62$) and that obtained on the other clones (tc) from 5.29 to 6.18 ($5.29 \leq tc \leq 6.18$). The Na33 clone had the highest stings mean number (6.18) and IFC 100 the lowest one (5.29). The High Amazonian clone Na33 was the most attractive and the clones ICS100, IFC100, (exotic trinitario), Sca12 (catongo) and Na32 (High Amazonian) were less attractive. On the other hand the clones IFC1363, IFC1362, IFC1374 (catongo), UPA337, T60/887, ICS1 and IMC60 (High Amazonians) and ICS95 (exotic trinitario) were non different. The reactivity seemed not depending on the origin of the clone. Save the High Amazonian clone Na33 which was the most attractive there were among non different and less attractive clones as well exotic trinitario, catongo as High Amazonians.

Introduction

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante originaire d'Amérique tropicale (9) cultivée au Cameroun, dans la zone forestière du centre, sud-ouest et littoral. Cette zone a un climat chaud et humide alors que les hauts plateaux de l'ouest et du nord-ouest au climat froid sont le domaine presque exclusif de la culture du caféier d'altitude: le caféier d'Arabie (*Coffea arabica* L.). Le cacaoyer est cultivé pour le cacao qui est une importante source de revenus pour de nombreux paysans. Toutefois,

cette culture est soumise aux attaques de nombreux ravageurs; parmi ceux-ci les mirides, ou capsides, demeurent les plus importants. Ils piquent les rameaux non aoûtés et les cherelles. La salive injectée lors des piqûres est phytotoxique et histolytique, ce qui tue les cellules autour de la zone piquée. Dans le cas d'attaques sur les cherelles, celles-ci tombent: c'est la coulure entomologique différente de la coulure physiologique due à une déficience en éléments minéraux. Les piqûres sont aussi les portes d'entrées

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

** Institut de recherche agricole pour le développement.

Reçu le 05.12.02. et accepté pour publication le 03.08.04.

des champignons de faiblesse tel que *Calonectria rigidiuscula* (9). De plus, il n'y a pas formation de fleurs à l'endroit de la piqûre et ceci peut être irréversible. Les mirides (*Sahlbergella singularis* Hagl. et *Distantiella theobromae* Dist.) causent des pertes annuelles de 30% (3, 10). Les traitements chimiques sont très coûteux et les plantations sont vieilles. Dès lors, pour les rajeunir, il est nécessaire de mettre en place des clones résistants aux mirides. L'étude de la résistance du cacaoyer aux attaques des mirides a reposé, pendant longtemps, sur les observations en champ du comportement des cultivars. Mais les observations en champ, sur les plantes pérennes, sont longues et coûteuses; c'est pourquoi une étude de préférences alimentaires des mirides, basée sur des microtests en salle a été mise au point et normalisée (1). Cette technique est plus rapide et moins coûteuse que les essais en champ. Elle permet la sélection du matériel végétal le plus tolérant aux mirides. C'est aussi une méthode fiable: les résultats qu'elle donne sont les mêmes que ceux obtenus avec les essais en champ (11). Dans cette étude, la technique des microtests en salle est utilisée pour identifier les clones de cacaoyers moins attractifs à *S. singularis* qui est le miride le plus important dans la zone (6) afin de les vulgariser, si possible, auprès des paysans. Ce travail contribue donc à la sélection des clones les plus résistants aux mirides et plus particulièrement de ceux présents dans l'importante collection de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkoémvone au Cameroun, d'où son intérêt.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Quatorze clones ont été utilisés dont huit hauts amazoniens (h.a.): Sca6, Sca12, UPA337, ICS1, Na32, Na33, IMC60, T60/887, trois catongo (ca.): IFC1374, IFC1362, IFC1363 et trois trinitario exotiques (t.e.): ICS95, IFC100, ICS100. Ils proviennent de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkoémvone au Cameroun.

Matériel entomologique

Le matériel entomologique utilisé est *Sahlbergella singularis* Hagl. C'est un hétéroptère de couleur marron ou brun clair d'où son nom de punaise brune du cacaoyer; le mâle, à l'âge adulte, mesure 8-9 mm de long et la femelle 9-10 mm alors que l'autre miride, *Distantiella theobromae* (Dist.) a une coloration noire (punaise noire du cacaoyer).

S. singularis a cinq stades larvaires. Toutefois, seules les larves de quatrième stade (L4) ont été utilisées dans l'expérimentation car celles du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} stade sont très fragiles et résistent peu aux manipulations de laboratoire. Les larves de quatrième stade mesurent, en moyenne, 3 mm de large (au niveau du thorax) et 5 mm de long.

Récolte des larves

La récolte des larves (L4) de *S. singularis* a été faite dans les cacaoyères de l'IRAD de Nkoémvone. Elle est effectuée au lever du jour, à l'aide d'un tube à hémolyse de 10 cm de diamètre et d'un pinceau fin. Les larves sont soigneusement prélevées et introduites dans une boîte (24 x 19 x 26 cm) dont les faces latérales sont constituées d'une toile de 0,5 cm de maille. Le couvercle de la boîte est percé d'un orifice de 12 cm de diamètre; celui-ci permet l'introduction des larves et peut être obturé par un bouchon. Huit à quatorze branchettes vertes de cacaoyers (19 cm de long et 1 cm de diamètre) sont placées au fond de la boîte. Elles servent de support alimentaire aux larves durant la récolte. Au terme de celle-ci, les larves sont laissées au repos et à jeun pendant 24 heures, ce qui permet d'activer leur alimentation en vue de l'expérience des microtests.

Technique des microtests

Chaque jeune bourgeon apparaissant sur chaque clone est repéré et identifié par l'inscription de la date de son apparition sur l'étiquette qui l'entoure. A trois semaines d'âge, les branchettes de même grosseur (1 cm de diamètre) sont prélevées. A l'aide d'un couteau tranchant, ces branchettes sont ensuite découpées en fragments de 5 cm de long; ceux-ci sont montés en triangle équilatéral (méthode de triplets) (1). Un côté du triangle est, chaque fois, constitué d'un fragment de branchette du clone Sca6 (témoin) considéré comme tolérant (11). Les deux autres côtés du triangle équilatéral sont constitués, chacun, d'un fragment de branchette issu d'un clone différent et les trois côtés sont maintenus solidaires grâce à des agrafes métalliques (Figure 1).

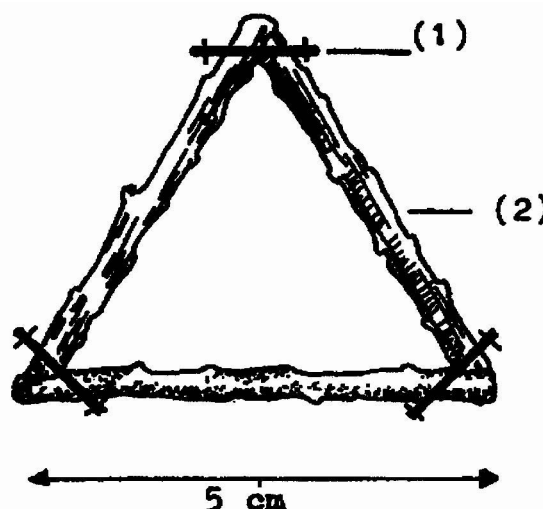


Figure 1: Dispositif en triplet
(1: agrafe ; 2: branchette)

Chaque triangle ainsi monté est placé dans une boîte de Pétri de 120 mm de diamètre dont le fond est recouvert d'une rondelle de papier filtre de même

circonférence. Une larve de quatrième stade (L4), à jeun depuis 24 heures, est soigneusement placée au milieu du triplet, dans la boîte de Pétri. Cette combinaison constitue une répétition et chaque test comporte 20 répétitions. L'ensemble des boîtes est placé dans une salle où la température est de 17 - 18 °C, l'humidité relative de 50-70% et une photopériode de 12 heures.

Collecte et analyse des données

Collecte des données

La larve (L4), placée au milieu du triangle se nourrit en piquant les fragments de branchettes constituant le triangle équilatéral. Les piqûres des capsides qui se caractérisent par des tâches noirâtres laissées aux emplacements des prises de nourriture sont facilement reconnaissables. Toutefois, dans ce type de test où un choix est offert à l'insecte, l'on doit distinguer deux types de piqûres qui relèvent de deux activités complémentaires: les piqûres exploratrices (gustatives) et les piqûres alimentaires (11).

Piqûres exploratrices

Ce sont celles que la larve effectue avant l'alimentation, par quelques tentatives d'insertion des stylets dans les branchettes dans le but de tester la qualité du substrat alimentaire. Lors de ces piqûres, la larve peut rapidement retirer ses stylets si la branchette présente une résistance à leur pénétration. L'enfoncement des stylets est souvent suivi d'une petite ponction de sève, ce qui fait apparaître une minuscule tâche superficielle à l'endroit. Les piqûres gustatives n'ont pas été dénombrées (8).

Piqûres alimentaires

Lors d'une piqûre alimentaire, l'enfoncement des stylets est suivi d'un important prélèvement de sève; l'insecte injecte d'abord, sous haute pression, une salive phytotoxique contenant des enzymes digestifs (7). Ceci entraîne un effondrement du tissu sous-jacent et l'apparition d'une dépression à cet endroit avec formation d'une grande tâche humide, de couleur brun noirâtre (water soaked area) (11). Si le matériel végétal est très succulent, les piqûres se chevauchent sur la même branchette de telle sorte qu'à la fin du repas, l'on peut observer une large plage brunâtre. L'examen détaillé de cette zone mortifiée permet de compter les prélèvements effectués. Seules les piqûres alimentaires ont été dénombrées (11). Ce dénombrement a été effectué sous loupe binoculaire, sur toute la surface de chaque fragment de branchettes, 12 heures après la mise en place de la larve (L4) dans la boîte de Pétri. A la fin de la période alimentaire, la larve est extraite de la boîte, puis tuée dans un flacon contenant du coton imbibé d'éther à 90%. Les mesures de sa largeur au niveau du thorax et de sa longueur sont alors prises à l'aide d'une règle

graduée plate et transparente. Les dénombrements des piqûres alimentaires n'ont été effectués que pour les larves de quatrième stade (celles ayant 3 mm de large au niveau du thorax et 5 mm de long).

Analyse des données

Pour chaque triplet, deux clones ont été, à chaque fois, comparés à un témoin de référence (Sca6). Le nombre de piqûres alimentaires est utilisé comme critère de l'attractivité des clones. A cause de sa grande variabilité, ce nombre a été transformé en log (x+1). L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée et les moyennes ont été classées selon «le multiple range test» de Newman-Keuls au seuil de 5%. En outre, le niveau d'attractivité de chaque clone par rapport au témoin de référence (Sca6) a été calculé. Il est exprimé par un indice (i) qui est le rapport entre le nombre de piqûres dénombrées sur le clone et celui inventorié sur le témoin de référence. Ceci a permis de quantifier les niveaux d'attractivité des clones et de les classer en trois groupes: les clones moins attractifs ($i < 1$), les clones non différents ($i = 1$) et les clones plus attractifs ($i > 1$).

Résultats et discussion

Le tableau 1 présente l'attractivité des clones vis-à-vis de *S. singularis* et fait ressortir les groupes homogènes et hétérogènes de moyennes.

Le nombre moyen (tr) de piqûres alimentaires dénombrées sur le témoin de référence (Sca6) va de 5,49 à 5,62 ($5,49 \leq tr \leq 5,62$) et celui obtenu sur les autres clones (tc) de 5,29 à 6,18 ($5,29 \leq tc \leq 6,18$); les différences entre les moyennes sont faibles. Le clone Na33 a le nombre moyen de piqûres le plus élevé (6,18) et IFC100 la plus faible moyenne (5,29). Le tableau 2 présente l'attractivité des clones par rapport au témoin de référence. Les chiffres, entre les parenthèses, qui suivent chaque clone, représentent son indice. Le clone haut amazonien Na33 est le plus attractif alors que les clones ICS100, IFC100 (trinitario exotiques) Sca12 (catongo) et Na32 (haut amazonien) sont moins attractifs. Par contre les clones IFC1363, IFC1362, IFC1374 (catongo) UPA337, T60/887 (hauts amazoniens) et ICS95 (trinitario exotique) sont non différents. Le clone Sca6 étant considéré comme tolérant, ceci signifie que les clones non différents sont tolérants, les moins attractifs comme plus tolérants, et les plus attractifs comme sensibles à *S. singularis*. La réactivité des clones ne semble pas être liée à leur origine. Hormis le clone haut amazonien Na33, plus attractif, on trouve, parmi les clones non différents et moins attractifs aussi bien des trinitario exotiques et des catongo que des hauts amazoniens. Les numéros appartenant au même cultivar peuvent avoir des comportements hétérogènes lorsqu'on les compare au témoin (11). Ceci se vérifie pour tous les cultivars représentés par plusieurs numéros dans nos tests (IFC, Sca, ICS et Na).

La technique des microtests a déjà été utilisée en

Tableau 1
Attractivité des clones vis-à-vis de *S. singularis*

N°	Clone	Moy. piq	F (cal.)	P o,05 (table)	Test N/K	Obs.
1	Sca6	5,54	0,96	0,4571	A	h.a.
	IMC60	5,83			A	h.a.
	UPA337	5,56			A	h.a.
2	Sca6	5,58	5,31	0,0749	A	h.a.
	UPA337	5,70			A	h.a.
	Sca12	5,50			B	h.a.
3	Sca6	5,57	15,65	0,0128	A	h.a.
	Sca12	5,40			B	h.a.
	IFC1374	5,87			A	ca.
4	Sca6	5,51	5,04	0,0806	A	h.a.
	IFC1374	5,79			A	ca.
	ICS1	5,52			A	h.a.
5	Sca6	5,56	0,33	0,7391	A	h.a.
	ICS1	5,56			A	h.a.
	Na32	5,44			B	h.a.
6	Sca6	5,62	0,52	0,6285	A	h.a.
	Na32	5,58			B	h.a.
	T60/887	5,84			A	h.a.
7	Sca6	5,52	1,40	0,3469	A	h.a.
	T60/887	5,68			A	h.a.
	Na33	6,18			C	h.a.
8	Sca6	5,54	2,40	0,2064	A	h.a.
	Na33	6,10			C	h.a.
	ICS95	5,59			A	t.e.
9	Sca6	5,55	0,18	0,8445	A	h.a.
	ICS95	5,56			A	t.e.
	IFC1363	5,51			A	ca.
10	Sca6	5,59	0,48	0,6482	A	h.a.
	IFC1363	5,69			A	ca.
	IFC100	5,29			B	t.e.
11	Sca6	5,49	1,89	0,2647	A	h.a.
	ICS100	5,39			B	t.e.
	IFC1362	5,53			A	ca.

N= 20

Moy. piq. : moyenne des piqûres

P o,05 : probabilité au seuil de 0,05

h.a. : haut amazonien

t.e. : trinitario exotique

ca. : catongo

A, B, C : groupe homogène de moyennes (les nombres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents).

N/K : classement de la moyenne selon le test de Newman-Keuls.

Tableau 2
Niveau d'attractivité des clones vis-à-vis de Sca6

Moins attractifs	IFC100 (0,946); Sca12 (0,977); ICS100 (0,981); Na32 (0,985);
Non différents	ICS1 (1,001); ICS95 (1,005); IFC1363 (1,005); IFC1362 (1,007); UPA337 (1,012); T60/887 (1,034); IFC1374 (1,052); IMC60 (1,052);
Plus attractif	Na33 (1,110).

Les chiffres, entre les parenthèses, qui suivent chaque clone représentent l'indice.

Côte d'Ivoire pour étudier le comportement de dix-huit clones. Les résultats suivants ont été obtenus (11):

- Peu attractifs: UPA402; UPA405; UPA409; UPA413; UPA603; UPA608; UPA620; UPA701; T79 /416; T85 /799; T. grandiflor.
- Non différents: IFC 5; IFC1; E1 (J92 :70); S84.
- Hautement attractifs: UF676; UF667; T. bicolor.

Le nombre moyen des piqûres était compris entre 1,78 et 4,68. Cette gamme de variation est nettement plus étendue que celle obtenue dans notre travail. Une comparaison directe entre les clones utilisés par Nguyen-Ban (11) et les nôtres mériterait d'être réalisée.

La teneur en eau des branchettes joue un rôle important dans le choix préférentiel des mirides (4, 5, 11) ainsi que d'autres facteurs tels que la pilosité et la présence des flavanols (2).

Conclusion

La technique de microtests est basée sur le choix; le miride se trouve face à trois morceaux de branchettes provenant de clones différents (méthode de triplets). Il doit choisir, parmi ces clones, celui sur lequel il préfère se nourrir: c'est sa préférence alimentaire. Si le miride n'a aucune possibilité de choix, c'est le cas lorsqu'il n'a en face de lui qu'un seul clone, l'on peut

penser qu'il se nourrirait quand même sur ce dernier. Ceci suggère, sur le plan pratique, qu'il faut éviter des plantations homogènes (monoclonales) et mettre en place plutôt des cacaoyères hétérogènes constituées d'un ou plusieurs clones résistants (peu attractifs) sur lequel le nombre moyen de piqûres alimentaires est relativement faible. Une telle cacaoyère comprendrait aussi quelques lignes d'un clone sensible (plus attractif) aux mirides; ce qui offrirait alors un choix et permettrait une déviation des mirides vers les cacaoyers plus attractifs. Ceux-ci serviraient de «culture piège» et les traitements insecticides plus accentués sur eux détruiraient les mirides; ceci réduirait les pertes, augmenterait la production et relèverait le revenu du paysan. Rappelons enfin que les clones étudiés ici ne présentent pas entre eux de différences marquées d'attractivité et que la recherche de clones nettement plus résistants reste très souhaitable.

Remerciements

Nous tenons à remercier Dr Boccara M., Chef du Projet Fond d'Aide et de Coopération (FAC-Recherche, Volet café-cacao) pour l'aide financière et matérielle ainsi que Monsieur Zambo J., Chef de la Station de Recherche de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkoémvone pour l'accueil et la mise à notre disposition de l'importante collection des clones de cacaoyers.

Références bibliographiques

1. Art J., 1972, Etude expérimentale des phénomènes de préférences alimentaires chez le miride du cacaoyer *Distantiella theobromae* (Dist.) 1. Choix de la plante-hôte. Côte d'Ivoire, ORSTOM 22 p. (Document interne).
2. Bastide P., 1990, Recherche des marqueurs de la résistance (attractivité, sensibilité) du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) aux mirides. Rapport de stage, Côte d'Ivoire, IRCC, 15 p (document interne).
3. Collingwood C.A., 1977, Mirides africains associés aux cacaoyers. In: Les mirides du cacaoyer, E.M. Lavabre éd., Paris, Maisonneuve et Larose, p. 76-83.
4. Cross D.J., 1967, Measurement of water stress. Ann. Rep. Cri., 92-94.
5. Darko F.A., 1968, Seasonal changes in mirid potential fecundity. Ann. Rep. Cri., 51-53.
6. De Mire P.H., 1970, Observations sur les fluctuations saisonnières d'une population de *Sahlbergella singularis* au Cameroun. Café cacao thé, 14, 3, 202-208.
7. Goodchild A.J.P., 1952, A study of the digestive system of the West african cacao capsid bugs (Hemiptera: miridae). Proc. Zool. Soc. Lond, 122, 3, 543-572.
8. Guyen-Ban J., 1975, Préférences alimentaires des mirides élevés sur branchettes de cacaoyer. Rapport d'activités. Côte d'Ivoire, IRCC, 49 p. (document interne).
9. Lavabre E.M., 1977, Les mirides du cacaoyer. Paris, France, Maisonneuve et Larose, 366 p.
10. Nguyen-Ban J., 1977, Evolution saisonnière des mirides et sélection du matériel végétal. Rapport d'activités. Côte d'Ivoire, IRCC, 44 p. (document interne).
11. Nguyen-Ban J., 1993, Nouvelle technique de sélection des cacaoyers tolérants aux attaques des ravageurs. In: XI^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Yamoussoukro, Côte d'Ivoire 22 mai- 27 mai 1993.

A.M. Badegana, Camerounais, Ingénieur agronome, MSC (Université Catholique de Louvain-la-Neuve en Belgique), Doctorat ès Sciences agronomiques (Université de Gent en Belgique), Maître de conférences, Faculté d'agronomie et des Sciences agricoles, Dschang, Cameroun.

J. Amang, Camerounais, Ingénieur agronome, Minagri.

J.M. Mpe, Camerounais, Ingénieur agronome, D.E.A., Minagri.

Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)

S. Hamadou*, M. Kamuanga, A.T. Abdoulaye & J. Lowenberg-Deboer

Keywords: Adoption- Fodder crops- Peri-urban- Dairy farms- Bobo-Dioulasso- Burkina Faso

Résumé

L'étude vise à cerner les facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères annuelles (Dolichos lablab) et pérennes (Andropogon gayanus, Brachiaria ruziziensis et Panicum maximum) dans les élevages laitiers de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Les variables significatives révélées ($P < 0,05$) par le modèle de régression logistique (LIMDEP ©) permettent de regrouper en cinq catégories, les obstacles majeurs à l'introduction des cultures fourragères dans les systèmes de production. Il s'agit de la rigidité du calendrier agricole, du foncier, de la protection des parcelles, de la non-disponibilité des semences fourragères et de la faiblesse des gains de productivité découlant de l'utilisation des cultures fourragères pour l'alimentation du bétail. Pour une amélioration de l'adoption des cultures fourragères, des adaptations de technologies sont nécessaires de même que la poursuite des actions de sensibilisation et de formation des éleveurs.

Summary

Factors Affecting the Adoption of Fodder Crops in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) Peri-urban Dairy Farms

The study aims to identify the factors affecting the adoption of annual (Dolichos lablab) and perennial (Andropogon gayanus, Brachiaria ruziziensis and Panicum maximum) fodder crops on peri-urban dairy farms of Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). The results of a logistic regression model (LIMDEP ©) revealed a number of significant factors ($P < 0.05$) associated with five main constraints preventing wider use of fodder crops in cultural practices. These include increased labor demand at peak cropping season, land tenure rights, field protection, availability of fodder seeds, and low productivity gain associated with the introduction of fodder crops. Fodder crops adoption rates would be higher with the adaptation of the technology to local conditions and increased emphasis on farmers' training and sensitization campaigns.

Introduction

Au Burkina Faso comme dans beaucoup de pays de l'Afrique de l'Ouest (8, 9, 10, 15), l'accroissement démographique (2,8% par an) et l'urbanisation (1,4% par an) des deux dernières décennies ont engendré une forte augmentation de la demande en lait et produits laitiers. Pour satisfaire cette demande, le pays a eu recours aux importations qui sont passées de 2 835 tonnes d'Equivalent Lait (320 000 \$ US) en 1960/61 à plus de 30 000 tonnes d'Eq. L (45,9 millions \$ US) en 2000 (10). Ces importations qui pèsent lourdement dans la balance commerciale du pays ont amené les pouvoirs publics à faire de l'amélioration de la production locale de lait, un objectif majeur en mettant en place un dispositif d'encadrement des producteurs des principales villes du pays. Dans le cas de Bobo-Dioulasso, où la filière traditionnelle de lait constitue la principale source de revenu pour plus de 4 000 personnes (15), les actions d'accompagnement ont concerné les deux extrémités de la filière. En amont, les éleveurs ont

été organisés et ont reçu un encadrement en matière de suivi sanitaire des troupeaux, de coupe de foin, de production fourragère et de complémentation stratégique des vaches laitières. En aval, il y a eu la mise en place d'un système de collecte du lait local et, avec le concours de la FAO, la création d'une unité de transformation semi-industrielle, «Faso Kosam», qui a obligation de ne traiter que le lait local. Cette situation qui n'est pas spécifique au Burkina Faso a amené le Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES) à faire de l'amélioration de la production laitière, un axe majeur de son programme de recherche sur les systèmes d'élevage à visée commerciale.

En prélude aux activités de recherche-développement, une enquête de diagnostic des élevages laitiers a été entreprise à Bobo-Dioulasso. Elle a permis d'une part, de faire la typologie des élevages en accord avec les systèmes de production retenus comme cadre de référence par le Programme Concerté de

Recherche-Développement sur l'Élevage en Afrique de l'Ouest (PROCORDEL). Les élevages avaient alors été classés en quatre types: A₁ et A₂ pour les élevages traditionnels à faible utilisation d'intrants et, B et C pour les élevages à visée commerciale (14). D'autre part, elle a permis de mettre en évidence les contraintes majeures à l'amélioration de la production au rang desquelles, les mauvaises conditions d'alimentation et d'abreuvement du bétail.

Pour résorber la contrainte alimentaire particulièrement importante en saison sèche, le CIRDES a opté pour l'introduction de cultures fourragères dans les systèmes de production. Ce choix se justifie par les acquis sur les plans agronomique, zootechnique et économique, des travaux de recherche-développement de certains instituts de recherche, projets de développement et organisations non-gouvernementales (ONG) (22, 23). Cependant, malgré des résultats probants obtenus, la production fourragère n'est pas généralisée dans les élevages périurbains. Pour cerner les facteurs de blocage et favoriser une adhésion massive des éleveurs à la proposition du CIRDES, il a paru utile d'évaluer les facteurs affectant les décisions des agro-éleveurs de produire du fourrage. La connaissance de ces facteurs devrait faciliter l'insertion des cultures fourragères dans les exploitations afin de réduire le stress nutritionnel des vaches laitières pendant la saison sèche et, à terme, améliorer la production et le revenu des éleveurs.

Matériel et méthodes

1. La zone d'étude

L'étude a été menée dans la périphérie de Bobo-Dioulasso (Figure 1), ville située à 365 km au sud-ouest de Ouagadougou (capitale du Burkina Faso) et chef-lieu de la province du Houet dont elle abrite 46% de la population totale (17). Elle a concerné 334 élevages laitiers qui ont accepté de prendre part à l'étude sur un total de 457 exploitations recensées en avril 2001 dans un rayon de 50 km autour de la ville. Le recensement s'inscrivait dans le cadre de l'enquête de diagnostic des élevages laitiers (14).

Le climat, de type soudanien, est caractérisé par une saison sèche de novembre à mai et une saison des pluies de juin à octobre. La température moyenne est de 27 ± 7 °C avec des minima de 20 °C en décembre et des maxima de 35 °C en avril. Les précipitations moyennes se situent entre 900 mm à 1000 mm réparties de fin mai à fin octobre. La végétation est du type savane arborée, caractérisée par des formations ligneuses hautes claires à *Parkia biglobosa* (néré) et *Butyrospermum paradoxum* (karité), auxquelles s'ajoutent des formations ligneuses basses à *Acacia senegal* et *Detarium microcarpum*, et des formations artificielles issues de plantations d'essences exotiques (4).

La production agricole s'organise autour d'un système intégrant les céréales (maïs, sorgho, mil et riz), le coton

(principal produit d'exportation du pays) et l'élevage de petits et grands ruminants. En 1998, les effectifs de la région sont estimés à environ 208 000 bovins, 181 000 ovins et 148 000 caprins, ce qui fait de Bobo-Dioulasso, une des premières régions d'élevage du Burkina Faso (18).

2. Analyse des données

Les facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères annuelles et l'adoption des cultures fourragères pérennes ont été identifiés à l'aide d'un modèle de régression logistique avec la version 7.0 de LIMDEP © (12). Dans le modèle de régression logistique, la probabilité d'adoption est estimée à l'aide de la fonction logistique:

$$F(\beta'x) = \frac{1}{1 + e^{-\beta'x}}$$

où la variable dépendante, $\beta'x$ est définie par:

$$\beta'x = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n$$

avec $\beta'x = 1$ s'il y a adoption et 0 si non, α_0 , une

constante, α_k le vecteur des coefficients estimés et

x_k le vecteur des variables indépendantes.

Le choix de ce modèle se justifie d'une part, par son adéquation pour l'estimation des modèles binaires (2, 3, 11, 16) et d'autre part, parce qu'il n'a pas été possible de déterminer chez tous les éleveurs, les surfaces effectivement occupées par les cultures fourragères concernées, à savoir, *Dolichos lablab* (légumineuse annuelle appelée dolique) et, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria ruziziensis* et *Panicum maximum* (trois graminées pérennes ou vivaces). L'évaluation du modèle a été faite à travers le test de vraisemblance (moins double logvraisemblance ou Likelihood ratio test: -2LL), sa sensibilité (producteurs de fourrage correctement classés) et sa spécificité (non-producteurs correctement classés). Auparavant, la colinéarité des variables explicatives a été examinée à travers le calcul des coefficients de corrélation. Pour ce faire, les variables ont été prises deux à deux et corrélées entre elles. Seules les variables présentant un coefficient de corrélation inférieur à 0,50 (seuil maximum fixé) ont été considérées dans la suite de l'analyse. Partant des observations de terrain et des résultats de la typologie (14), neuf variables ont été prises en compte (Tableau 1).

Des hypothèses ont été formulées sur l'influence de chacune d'elles sur l'adoption des cultures fourragères. Ces hypothèses ont été émises en fonction de résultats obtenus par différents travaux (1, 6, 19, 20) sur les facteurs d'adoption des technologies. La décision des éleveurs a été alors analysée sous deux angles: l'adoption des cultures fourragères annuelles et l'adoption des cultures fourragères pérennes (variables dépendantes).

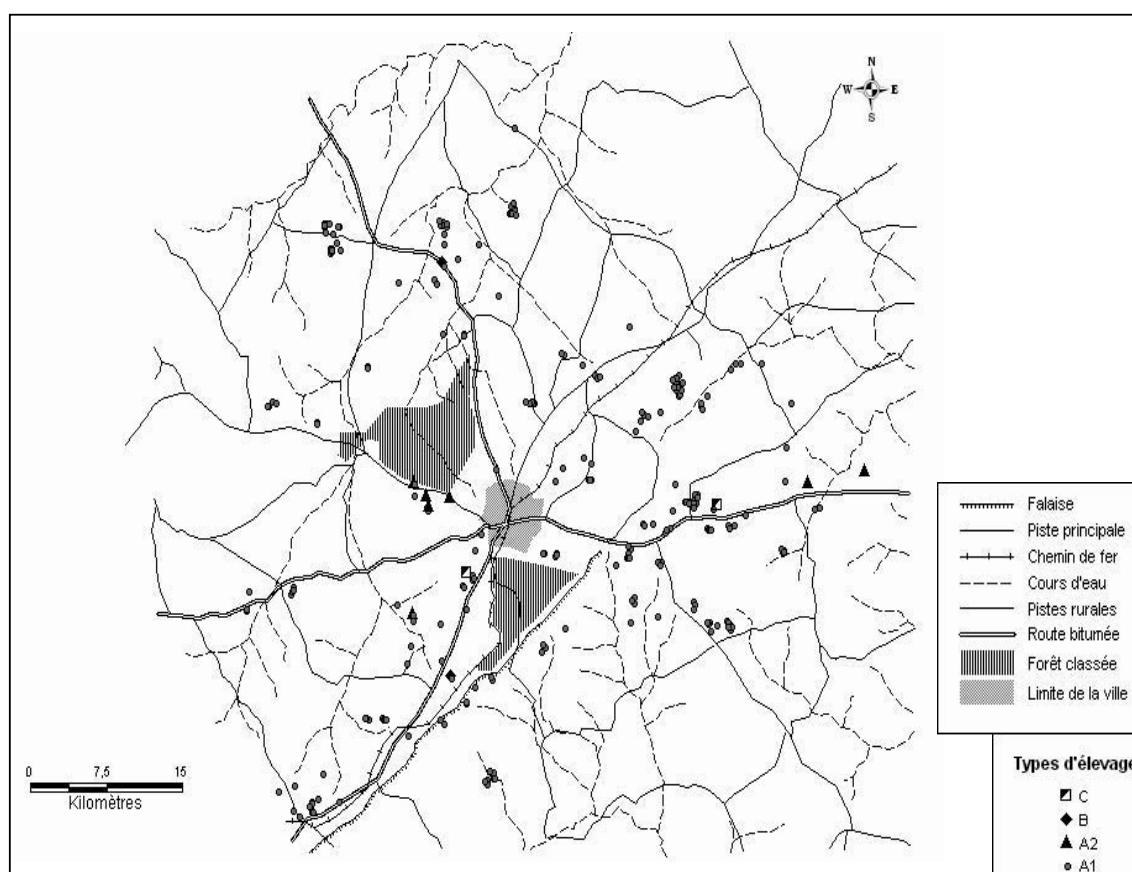
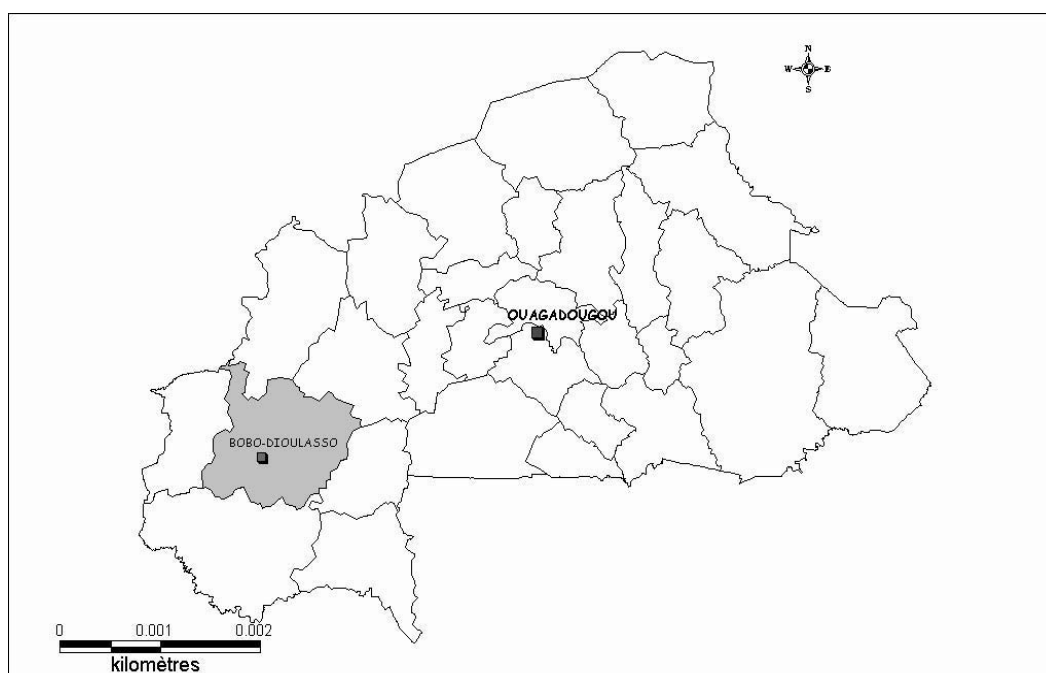


Figure 1: Zone d'étude et répartition spatiale des élevages enquêtés.

Résultats

1. Caractéristiques de l'échantillon

Les caractéristiques de l'échantillon révèlent que seuls 18,9% des élevages périurbains de Bobo-

Dioulasso cultivent les plantes fourragères dont, 93,7% les fourrages annuels et 6,4% les fourrages vivaces (Tableau 2). Dans les deux cas de figure,

Tableau 1
Variables utilisées dans le modèle et hypothèses de leur influence sur l'adoption

Variables	Signification	Influence	
		Cultures annuelles	Cultures pérennes
AGE	Age du chef d'exploitation (nombre d'années)	Positive	Positive
TFAMIL	Taille de la famille (nombre de personnes)	Négative	Négative
AATOT	Actifs agricoles familiaux (nombre d'actifs)	Positive	Positive
CLOTURE	Existence de clôture autour de la ferme (variable binaire= 1 si l'exploitation est clôturée et 0 si non)	Positive	Positive
SYSTEM	Système d'élevage pratiqué (variable binaire= 1 si l'exploitation est à visée commerciale [type B ou C] et 0 si l'exploitation est à faible utilisation d'intrants [type A ₁ ou A ₂])	Négative	Positive
MOP	Appartenance de l'éleveur à une organisation paysanne (variable binaire= 1 si l'éleveur est membre d'une association et 0 si non)	Positive	Positive
EXPLOIT	Taille exploitation (ha)	Positive	Positive
PRIX	Prix moyen du lait (FCFA/ litre)	Positive	Positive
SEMENCE	Perception des éleveurs sur la disponibilité des semences fourragères (variable binaire= 1 si difficulté et 0 si non)	Négative	Positive

les éleveurs ayant adopté les cultures fourragères sont légèrement plus jeunes par rapport aux non-producteurs de fourrage. Ils détiennent les plus grandes superficies mais aussi, le plus grand nombre d'exploitations clôturées. Ils ont par ailleurs, le prix de vente du lait le plus élevé et c'est à leur niveau que le plus grand nombre d'élevages à visée commerciale est recensé. Enfin, leurs vaches laitières paraissent plus performantes.

2. Adéquation d'ensemble du modèle

Le modèle a requis 6 itérations dans le cas de l'adoption des cultures fourragères annuelles et 15 dans le cas de l'adoption des cultures fourragères pérennes (Tableau 3). Le nombre d'observations où la probabilité d'adoption est correctement prédite est de 98,1% dans le cas de la dolique et 99,7% dans le cas des 3 graminées pérennes. La sensibilité du modèle est de 13,6% pour les plantes annuelles contre 75% pour les pérennes. Quant à la spécificité, elle est

respectivement de 81,4% et 100%. Dans les deux cas, l'adéquation d'ensemble du modèle est inférieure à 1%, niveau jugé très satisfaisant.

3. Les facteurs affectant les décisions des agro-éleveurs

Le tableau 4 donne les résultats du modèle, c'est-à-dire, l'influence des variables explicatives sur la probabilité d'adoption des deux catégories de cultures fourragères.

Dans le cas des cultures fourragères annuelles, nos hypothèses sont confirmées pour huit des neuf variables considérées. En outre, les coefficients estimés de quatre variables sont significatifs: la taille de l'exploitation au seuil de 1% et, la clôture, l'appartenance de l'éleveur à une organisation paysanne et la disponibilité des semences au seuil de 5%.

Dans le cas des cultures fourragères pérennes, nos

Tableau 2
Caractéristiques de l'échantillon pour les variables choisies

	Cultures fourragères annuelles		Cultures fourragères pérennes	
	Producteurs	Non- producteurs	Producteurs	Non-producteurs
Effectifs (Nombre d'éleveurs)	59 (18,2%)	275 (81,8%)	4 (1,2%)	330 (98,8%)
Age éleveur (année)	44 ± 13	47 ± 13	45 ± 11	47 ± 13
Taille famille (nombre de personnes)	13 ± 8	13 ± 7	12 ± 10	13 ± 7
Actifs agricoles (nombre d'actifs)	7 ± 4	7 ± 4	4 ± 2	7 ± 4
Membre OP (%)	96,6	92,4	75	93,3
Exploitations clôturées (%)	3,4	2,5	50	2,1
Exploitations à visée commerciale (%)	1,8	0	50	0,9
Taille exploitation (ha)	3 ± 5	4 ± 4	26 ± 23	3 ± 3
Prix (FCFA/litre)	215 ± 33	209 ± 39	238 ± 25	210 ± 38
Approvisionnement en semences (%) ^a	98,2	100	25	4
Performances laitières (litres/vache/jour)	0,86 ± 0,54	0,75 ± 0,65	3,63 ± 2,43	0,73 ± 0,5

^a Part des éleveurs rencontrant une difficulté d'approvisionnement en semences

Tableau 3
Résumé des statistiques du modèle de régression logistique

Statistiques	Valeur	
	Cultures annuelles	Cultures pérennes
Nombre d'observations	334	334
Nombre d'itérations	6	15
Log fonction maximum de vraisemblance	-152,3757	-5,925711
Log fonction restreinte max. de vraisemblance	-166,0194	-21,67534
Likelihood ratio test (-2LL)	27,28731	31,49925
Degrés de liberté	9	9
Niveau de signification	0,001	0,000
Observations correctement classées	98,1	99,7
Sensibilité	13,6	75
Spécificité	81,4	100

hypothèses sont confirmées pour sept des neuf variables tandis que les coefficients estimés sont significatifs pour 6 d'entre elles: l'âge de l'éleveur, la clôture, le prix du lait et la taille de l'exploitation au seuil de 1%, l'appartenance de l'éleveur à une organisation paysanne et la force de travail au seuil de 5% et, le système d'élevage au seuil de 10%.

Discussion

Les facteurs affectant la décision des éleveurs de produire du fourrage présentent des spécificités selon le type de plantes fourragères. A la lumière de nos résultats conformes à ceux de Dianda et Vokouma-Tapsoba (7) et Grimaud et Touré (13), trois variables affectent à la fois, l'adoption des cultures fourragères annuelles et pérennes: l'appartenance de l'éleveur à une organisation paysanne, la taille de l'exploitation et la clôture. En revanche, la disponibilité des semences est spécifique à l'adoption des cultures fourragères annuelles tandis que, l'âge de l'éleveur, le nombre d'actifs agricoles et le prix de vente du lait sont spécifiques à l'adoption des cultures fourragères

pérennes. Cette spécificité des facteurs porte à l'évidence, la marque de l'influence des structures de développement qui ont conseillé les cultures vivaces aux élevages intensifs et les cultures annuelles pour les autres (13, 23). L'interprétation de ces résultats permet de regrouper en quatre catégories les facteurs affectant l'introduction des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso.

1. Caractéristiques socioéconomiques des ménages

Sous ce vocable, nous entendons trois paramètres socioéconomiques affectant les décisions de produire du fourrage et qui sont spécifiques à l'éleveur et à sa famille. Le premier facteur est relatif à la jeunesse des éleveurs ayant adopté les cultures fourragères. Il s'agit là, d'un signe encourageant pour l'avenir car comme l'ont souligné Bultena et Hoiberg (5), lorsque l'adoption d'une technologie est plus importante chez les jeunes, elle augure de meilleures perspectives à moyen et à long termes. Le second paramètre concerne l'appartenance de l'éleveur à une association ou non. L'analyse a confirmé

Tableau 4
Résultats de la régression pour l'adoption des cultures fourragères

Variable	Cultures fourragères annuelles			Cultures fourragères pérennes		
	Coefficient	Erreur standard	T - ratio	Coefficient	Erreur standard	T - ratio
Constante	-2,316***	0,363	-6,379	-7,575***	1,332	-5,687
Age	-0,001	0,001	-0,799	0,005***	0,001	3,349
TFAMIL	-0,048	0,039	-1,242	-0,182	0,186	-0,976
AATOT	0,085	0,060	1,417	0,426**	0,199	2,144
Cloture	1,823**	0,804	2,268	7,182***	1,896	3,789
System	-0,756	1,808	-0,418	-5,744*	3,344	-1,718
MOP	0,139**	0,070	1,971	-2,355**	0,975	-2,416
Exploit	0,1123***	0,040	2,821	0,367***	0,092	3,972
Prix	0,0003	0,001	0,480	0,004***	0,001	4,832
Semence	-0,002**	0,001	-2,414	0,001	0,005	0,166

*Significatif à 10%

**Significatif à 5%

***Significatif à 1%

le rôle déterminant de ce facteur dans l'adoption des cultures fourragères. En effet, c'est le biais par lequel, les services de vulgarisation, les projets de développement et les organisations non-gouvernementales (ONG) oeuvrant dans le secteur entrent en contact avec les éleveurs pour la sensibilisation et la diffusion des technologies. Quant au troisième paramètre, il est relatif au nombre d'actifs agricoles, en d'autres termes, la force de travail dans les ménages d'éleveurs. Ce résultat est révélateur d'un goulet d'étranglement dans l'emploi de la main-d'œuvre familiale. Le calendrier culturel et les surfaces qu'impose la mise en place des cultures fourragères sont, en effet, concurrents des autres cultures. Le semis et les récoltes de ces cultures fourragères sont fréquemment reportés à la fin des travaux relatifs au coton et aux céréales.

2. Le foncier

L'identification du foncier parmi les facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères émane de la signification statistique de la taille de l'exploitation. Malgré le contexte périurbain de la production, l'exploitation est principalement dirigée sur la production du mil et du sorgho pour les besoins de subsistance de la famille et les cultures de rente que sont le coton et le maïs (21). De ce point de vue, les activités de production des cultures vivrières, de rente et des fourrages paraissent antagonistes. Les ménages n'ont alors tendance à affecter une partie de l'exploitation à la production fourragère que lorsque leur auto-approvisionnement en céréales est garanti. Cette affectation est d'autant plus délicate que la taille des exploitations paraît faible (entre 0,5 et 5,5 ha dans les élevages à faible utilisation d'intrants) et les familles nombreuses (jusqu'à 52 personnes). Cette situation explique en partie l'étroitesse des soles fourragères qui ne dépassent guère 0,5 ha dans les élevages traditionnels. Ceci ne permet pas une production suffisante de fourrage capable d'améliorer véritablement l'alimentation des animaux. Dans ces conditions, il est tout à fait normal que les éleveurs accordent peu d'intérêt à l'activité de production fourragère.

3. La protection des parcelles

Elle émane de la signification statistique de l'existence de clôtures autour de l'exploitation. S'il est vrai que la clôture permet de lutter contre la divagation des animaux, en particulier chez les exploitants ayant adopté les cultures fourragères pérennes, notre étude montre que la clôture est également déterminante dans l'adoption des cultures fourragères annuelles. Cette situation s'explique, d'une part, par le goulet d'étranglement que constitue l'utilisation de la main-d'œuvre, en particulier, en fin de saison des pluies. Etant destinée à l'alimentation du bétail, la récolte du fourrage constitue la dernière opération culturelle de l'exploitation. La clôture offre ainsi la garantie d'une protection des soles fourragères, ce qui permet à l'exploitant de différer certaines tâches et pallier le

déficit de main-d'œuvre. D'autre part, la clôture est indispensable dans l'adoption des cultures fourragères pérennes. En effet, opter pour cette spéculation amène à spécialiser l'exploitation par l'installation d'une clôture dont le coût du mètre linéaire était estimé en 1997 à 800 FCFA dans le cas d'une haie vive à base d'*Acacia nilotica* et d'*Acacia macrostachya*, et à 1 300 FCFA dans le cas d'une clôture à base de fil de fer barbelé (13). De tels investissements ne sont possibles que dans un contexte de sécurité foncière. C'est ce qui s'observe dans la périphérie de Bobo-Dioulasso où, les exploitations qui ont opté pour les cultures fourragères pérennes sont de grande taille (40-50 ha) et les exploitants possèdent un droit de propriété foncière.

4. La disponibilité des semences

Elle apparaît comme un facteur limitant pour 95,7% des élevages enquêtés. Les difficultés sont de plusieurs ordres: non-disponibilité des semences, coût d'acquisition exorbitant et qualité non garantie. Sur la base d'essais réalisés en 1995 et 1996, Grimaud et Touré (13) ont estimé 200 000 FCFA à environ, le coût d'installation d'un hectare de culture fourragère à base de graminée *Panicum maximum* et *Brachiaria ruziziensis* et des légumineuses *Stylosanthes hamata*, *Stylosanthes guyanensis* CIAT 136 et *Aeschynomene histrix*. Ce montant ne tient pas compte de la protection des parcelles et de la main-d'œuvre familiale. Du fait des faibles taux de germination (10 à 40%), la part des semences se chiffrent à 35%. Pour la même période, Dianda et Vokuma-Tapsoba (7) rapportent que le kilogramme de dolique et de *Macroptilium atropurpureum* (Siratro) coûte respectivement 1 000 FCFA et 3 000 FCFA contre 115 FCFA à 150 FCFA pour les céréales vivrières. Le manque des semences, les problèmes administratifs à l'importation, les coûts de transport exorbitants et les coûts de production des fermes élevés expliquent cette situation.

5. Des gains de productivités faibles

Outre les variables introduites dans le modèle, nous nous sommes intéressés au gain de productivité pouvant découler de l'adoption des cultures fourragères. L'examen des valeurs moyennes indique dans le cas des cultures fourragères annuelles, une production laitière passant de 0,75 litres/vache/jour chez les éleveurs qui ne cultivent pas la dolique à seulement 0,86 litres/vaches/jour chez ceux qui la cultivent, soit un gain de productivité de seulement 15,7%. Avec de tels chiffres, on est en droit de se demander s'il est opportun de cultiver la dolique pour la production laitière.

Conclusion et recommandations

L'accroissement de la demande des produits d'origine animale en général et des produits laitiers en particulier

engendre de plus en plus, le développement d'un élevage laitier autour des villes de nombreux pays en développement. S'il est vrai que le rapprochement de l'animal en lactation du consommateur permet à l'éleveur de bénéficier d'un marché attractif, il n'en demeure pas moins que l'alimentation des animaux dans cet environnement soumis à une forte pression démographique, n'est pas sans difficulté. La production de fourrage qui peut être une alternative aux coûts élevés des sous-produits agro-industriels nécessaires à l'accroissement de la productivité des animaux condamnés à une stabulation prolongée de par la nuisance qu'ils représentent dans les zones résidentielles, reste difficile. D'une part, les cultures fourragères entrent en compétition avec les cultures de subsistance et de rente. D'autre part, leur adoption nécessite des investissements parfois lourds (acquisition des terres, mise en place de clôtures) et se heurte ainsi à deux problèmes majeurs, soit l'accessibilité à des semences de qualité et les faibles gains de productivités.

Dans la perspective d'une promotion à grande

échelle des cultures fourragères, il nous paraît indispensable que la recherche doit poursuivre les investigations en vue de mettre au point des technologies véritablement performantes et adaptées. En attendant, les structures publiques d'encadrement, les projets de développement et les ONG doivent poursuivre les actions de sensibilisation et de formation des éleveurs en matière de coupe et de conservation de foin abondant dans la zone. Aussi, les acteurs du secteur doivent-ils rechercher un mécanisme de production et de distribution économique des semences fourragères.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des éleveurs de la périphérie de Bobo-Dioulasso qui ont accepté de prendre part à cette étude. Ils remercient également l'Union européenne qui a financé cette étude à travers le PROCORDEL. Enfin, ils expriment leur profonde gratitude à Mr. J. Cesar qui a accepté de relire le texte ainsi qu'aux deux lecteurs anonymes pour leurs précieuses remarques et suggestions.

Références bibliographiques

- Adesina A.A. & Seidi S., 1985, Farmer's perceptions and adoption of new agricultural technology: analysis of modern mangrove rice varieties in Guinea Bissau. *Frankfurt/Main: Quarterly Journal of International Agriculture*, **34**, 4, 358-371.
- Akinola A.A., 1987, An application of the probit analysis to the adoption of the tractor hiring service scheme in Nigeria. *Oxford Agrarian Studies*, **16**, 70-82.
- Bagi F.S., 1983, A logit model of farmers' decisions about credit. *Southern Journal of Agricultural Economics*, **15**, 13-19.
- Benoît M., 1977, Introduction à la géographie des aires pastorales soudanaises de Haute Volta. Collection Travaux et documents de l'ORSTOM n°69. Paris: ORSTOM, 95 p.
- Bultena G.L. & Hoiberg E.O., 1983, Factors affecting farmer's adoption of conservation tillage. Raleigh (North California State University): *American Journal of Agricultural Economics*, **38**, 281-284.
- CIMMYT, 1993, The adoption of agricultural technology: a guide for survey design. Mexico: D.F. CIMMYT Economics Program, 88 p.
- Dianda N.P. & Vokouma-Tapsoba E., 1998, Cultures fourragères au Burkina Faso: expériences du programme d'appui aux aménagements pastoraux. pp 109-116 in: G. Godet, P. Grimaud et H. Guérin (Éditeurs), Cultures fourragères et développement en zone sub-humide. Actes de l'atelier régional, Korhogo (Côte d'Ivoire), 26-29 mai 1997, CIRDES - IDESSA - CIRAD, Bobo-Dioulasso.
- Dieye P.N., Duteure G., Sissoko M.M., Sall M. & Dia D., 2003, La production laitière périurbaine au sud du Sénégal. Saisonnalité de l'offre et performances économiques. *Tropicultura*, **21**, 3:142-148.
- Dieye P.N., Faye A., Seydi M. & Cissé S.A., 2002, Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. *Cahiers Agricultures*, **11**: 257-7.
- FAO, 2003, «Annuaire de la production et du commerce», www.fao.org
- Feder G. & Slade R., 1985, The role of public policy in the diffusion of improved technology. Raleigh (North California State University): *American Journal of Agricultural Economics*, **67**, 423-428.
- Greene W.H., 1998, Limdep. Econometric software, Inc. New York: Bellport.
- Grimaud P. & Touré S.M., 1998, Introduction des cultures fourragères pérennes en milieu paysan: l'appui d'un centre international de recherche développement. pp 143-150 in: G. Godet, P. Grimaud et Guérin, H. (Éditeurs), Cultures fourragères et développement en zone sub-humide. Actes de l'atelier régional, Korhogo (Côte d'Ivoire), 26-29 mai 1997, CIRDES-IDESSA-CIRAD, Bobo-Dioulasso.
- Hamadou S., Kamuanga M., Marichatou H., Kanwé A., Sidibé A.G. & Paré J., 2002, Diagnostic des élevages périurbains de production laitière: typologie des exploitations de la périphérie de Bobo-Dioulasso. Etudes socio-économiques. PROCORDEL, Document de travail n° 1. Bobo-Dioulasso: CIRDES, 56 p.
- Le Troquer Y., 1993a, Les différentes filières d'approvisionnement de Bobo-Dioulasso en produits laitiers. Contribution à «l'Etude des Stratégies de Développement de la Production Laitière en Afrique». Montpellier: CNEARC - GRET - 73 p.
- Lee L.K. & Stewart W.H., 1983, Land ownership and the adoption of the minimum tillage. *American Journal of Agricultural Economics*, **65**, 256-264.
- MEF, 1996, Population de la province du Houet. Extraits du fichier des villages du Burkina Faso. Bobo-Dioulasso: INSD-RGPH, Vol. **3**, 8 p.
- MRA, 2001, Les statistiques de l'élevage au Burkina. Ouagadougou: Ministère des Ressources Animales (MRA) - Service des Statistiques Animales (SSA), 86 p.
- Osuntogun A., Adeyemo R. & Anyanwu E., 1986, The adoption of innovation by cooperative farmers in Nigeria. *Trinidad: Tropical Agriculture*, **63**, 158-160.
- Salah A.A. & Fadia K.H., 1996, Factors affecting the adoption of wheat production technology in the Sudan. *Frankfurt/Main: Quarterly Journal of International Agriculture*, **35**, 4, 325-337.
- Savadogo K., Reardon Th. & Pietola K., 1998, Adoption of improved land use technologies to increase food security in Burkina Faso: relating animal traction, productivity, and non-farm income. *Great Britain: ELSEVIER*, **58**, 3, 441-464.
- Sikora I., 1982, Cultures fourragères: rapport de synthèse 1975-1981. Bobo-Dioulasso: IVRAZ-CERCIL, 40 p.
- SNV/BF, 1999, Rapport de la journée d'échange sur les expériences du projet appui aux éleveurs. Bobo-Dioulasso: SNV/BF, 67 p.

S. Hamadou, Nigérien, Docteur en économie du développement agricole, Centre International de Recherche Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES), 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. Téléphone: (227) 97 50 81; Fax: (227) 97 25 46; E-mail: hseyini@yahoo.com / hamadou.seyini@cirdes.org

M. Kamuanga, Congolais (RD Congo), Ph.D. en économie agricole, Chercheur, UREEN-CIRDES, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

A.T. Abdoulaye, Nigérien, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger - Département d'économie et de sociologie rurale (INRAN-DECOR), Niamey, Niger.

J. Lowenberg-Deboer, Américain, Professeur, Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, USA.

The Utilization of Acid Ensiled Fish Waste and Sugar Refinery By-Product in Diets for Growing-Finishing Pigs

M. Prosper¹, A. Stanley¹, M. Campbell² & C.H.O. Lallo^{1*}

Keywords: Jett- Sugarcane- Final molasses- Acid ensiled fish waste- Pigs- Tropics

Summary

Twenty females (Landrace x Large White) with a mean ($\pm$ SD) initial BW of 35.2 ($\pm$ 0.6) kg and an average age of 13 weeks were used in the study. Based on results of a preliminary experiment, diets were formulated to contain 200 g acid ensiled fish waste (AFW) kg⁻¹ DM. Both Jett and sugarcane final molasses (SFM) were used in combination as an energy source in the diets. Dietary inclusion levels of Jett/SFM g.kg⁻¹ DM for treatments were: 100/100, 200/0, 259/259, and 517/0 labeled, T₁, T₂, T₃ and T₄, respectively. A commercial pig grower feed was used as the control (labeled T₀) representing the standard cereal based diet fed. The five treatments were replicated four times. These treatments were randomly allocated to the twenty pens in a complete randomized design.

There were significant differences ($P < 0.046$) among treatments for final bodyweight, dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR). Average daily gain for pigs on treatments T₁, T₂, T₃ and T₄ where Jett and SFM supplied the major proportion of the dietary energy ranged from 472 to 526 g.d⁻¹. These values represented 78.5 and 87.5%, respectively of the ADG (601 g.d⁻¹) achieved by the animals maintained on the control (T₀). Treatment T₃ with a combination of 260 g SFM and 260 g Jett. kg⁻¹ DM had the lowest ($P < 0.05$) faecal DM and ADG performance. Ration with the highest dietary Jett inclusion level treatment, T₄ had the best FCR (2.6) giving a 25.7% improvement over the control (3.5). There was no significant difference in P₂ back fat ($P > 0.858$), hot carcass weight ($P > 0.065$), dressing % ($P > 0.118$) and loin eye area ($P > 0.883$) among treatments. No significant differences ($P > 0.454$) was observed among treatments for haemoglobin, MCHC, and white blood cell count. Glucose ($P < 0.023$), ALT ($P < 0.028$), total protein ($P < 0.049$) and blood urea ($P < 0.048$) showed significant treatments effects. The values obtained for ALT, AST and Alkaline phosphate indicated that there was normal functioning of the spleen, kidney, and liver for all treatments. It was concluded that AFW with SFM and Jett when fed to pigs can give acceptable animal performance in the tropics, and thereby reducing the level of imported soybean meal and corn in the ration.

Résumé

L'utilisation de déchets de poisson ensilés dans l'acide et du sous produit du sucre de raffinage dans les régimes des cochons en croissance, en voie de finition

Vingt femelles (Landrace x Large White) avec une moyenne ($\pm$ SD) poids du corps initial de 35,2 ($\pm$ 0,6) kg et une moyenne d'âge de 13 semaines ont été utilisées dans cet essai. Dès les résultats de cet essai préliminaire, les rations ont été définies avec une contenance de 200 g de déchets de poisson ensilés dans l'acide (DPA).kg⁻¹ de matière sèche. Tous les deux, «Jett» et la mélasse finale de la canne à sucre (MFS) étaient utilisés en combinaison avec une source d'énergie dans les régimes. L'inclusion dans les régimes des différents niveaux de «Jett»/MFS g.kg⁻¹ de matière sèche pour les différents niveaux d'essai étaient: 100/100, 200/0, 260/260 et 517/0 étiqueté, T₁, T₂, T₃ et T₄ respectivement.

Une ration commerciale pour la croissance des cochons était utilisée comme le témoin T₀ représentant le régime standard basé sur la céréale. Les 5 niveaux d'essai ont été répliqués quatre fois. Ces niveaux d'essai ont été alloués au hasard au 20 box dans un design complètement au hasard. Il y avait des différences significatives ($P < 0,046$) entre les niveaux d'essai pour le poids corporel final, la consommation de matière sèche (CMS), le gain moyen quotidien (GMQ) et, le ratio de conversion de l'aliment (RCA). Le gain moyen quotidien pour les cochons mis sur les niveaux d'essai T₁, T₂, T₃ et T₄, où «Jett» et MFS ont fourni la proportion majeure d'énergie diététique, ont eu une gamme de 472 à 526 g.d⁻¹. Ces valeurs ont représenté 78,5 et 87,5% respectivement de GMQ (601 g.d⁻¹) achevé par les animaux sur le régime de témoin (T₀). Niveau d'essai T₃ avec une combinaison de 260 g MFS et 260 g de «Jett».kg⁻¹ a eu la plus basse ($P < 0,05$) performance au niveau de matière sèche fécale et de GMQ. La ration avec la plus haute inclusion de niveau de «Jett» pour un niveau d'essai, T₄ a eu le meilleur RCA (2,6) donnant une augmentation sur le témoin (3,5) de 25,7%. La régression de GMQ sur le niveau d'inclusion de «Jett» a montré une relation cubique ($P < 0,001$) significative ($R^2 = 90,8\%$). Une réponse similaire

¹Open Tropical Forage-Animal Production Laboratory, Department of Food Production.

²School of Veterinary Medicine, The University of the West Indies, St. Augustine Campus, Trinidad and Tobago, West Indies.

*Corresponding author. Tel.: (868) 662 2002, ext. 2090. Fax: (868) 645-0479. E-mail: massalal@hotmail.com

Received on 08.04.04. and accepted for publication on 18.08.04.

a été observée quand le GMQ était régressé sur la relation ($R^2 = 98,4\%$). Il n'y avait pas une différence significative dans le P_2 graisse de dos ($P < 0,858$), le poids de carcasse chaude ($P < 0,065$), le pourcentage de carcasse transformé ($P > 0,118$) et l'area de «l'œil» du gigot ($P > 0,883$) entre les niveaux d'essai. Aucune différence significative ($P > 0,454$) était observée entre les niveaux d'essai pour l'hémoglobine, Moyenne Cellule Concentration d'Hémoglobine (MCCH) et le compte de globules blancs. Le glucose ($P < 0,023$), l'Aminotranferase d'Alanine (TAI) ($P < 0,028$), la protéine complète ($P < 0,049$) et l'urée sanguine ($P < 0,048$) ont montré les effets significatifs de niveau d'essai. Aucune différence significative n'a été observée pour l'Aminotranferase d'Asparatate (Tas) ($P > 0,346$) et le phosphate alcalin ($P > 0,679$). Les valeurs obtenues pour le TAI et le phosphate alcalin ont indiqué qu'il y avait un fonctionnement normal de la rate, les reins et le foie pour tous les niveaux d'essai. On conclut que DPA avec MFS et «Jett» donnés aux cochons rendent une performance acceptable de l'animal dans les tropiques.

1. Introduction

The advent of WTO, escalating grain prices and increasing demand for grain on the world market, makes it imperative to seek local feed sources for more sustainable pig production feeding systems in many tropical areas. One resource is fish waste (by-catch scrap fish, heads and offals) which is regularly discarded from processing plants, fish wholesale and retail markets. Worldwide discarded fish waste averaged 27 million tonnes per year which is about 30% of the total world catch (1). Spoilt fish harbours pathogenic bacteria, viruses, fungi, yeast and toxins which pose a potential risk to humans and the environment if not properly disposed of Machin (12). Summer (23) compared fish meal production and the process of making fish silage, and concluded that the latter is more suited for tropical conditions. The technique for making fish silage is cheap and simple (29). It can be made from by-catch or fish waste, preferably chopped or ground prior to the addition of acids (12) or carbohydrates (19). Of the mineral acids used in acid ensilage, sulphuric or hydrochloric were indicated as the best (7, 28).

Sugarcane plant (*Saccharum officinarum*) and its by-products can be used as a major energy source for most livestock (21). Glucose, fructose and sucrose are carbohydrates of simple structure, which are found in variable proportions in sugarcane-derived feeds (10). Sugarcane final molasses (3), sugar cane juice (13), and Jett (4, 20) can be used as a source of energy for feeding pigs.

The objective of this study was to evaluate the performance of growing-finishing pigs fed diets composed primarily of acid ensiled fish waste (as a

major protein source), sugarcane final molasses and Jett (combined as a source of energy) when compared to a typical commercial corn and soybean meal pig grower used by local farmers.

2. Material and methods

2.1. Animal and management

Twenty females (Landrace x Large White) with initial mean BW of 35.2 (± 0.6) kg and an average age of 13 weeks were used in the study. All pigs were treated with Ivermectin (obtained from ECO Animal Health, Southern Africa [Pty] Ltd) that effected control against gastrointestinal and external parasites. Pigs were tagged and housed in individual pens on solid concrete floors with dimensions of 1.6 x 0.75 meters. Throughout the trial water was provided *ad-libitum*, but feed was offered at the rate of 350 g DM.kg⁻¹ BW. Body weights were taken and recorded weekly until the termination of the trial at 83 days. Animals were fed at approximately 9:00 am each day except on the day of weighing where it varied between 10 to 10:30 am. On the day of weighing fresh stool samples were collected from each animal for dry matter determination. Animals were observed daily at feeding for any abnormal behaviour.

2.2. Feeds and feeding

2.2.1. Preparation of acid silage

Fish waste and offals were collected from a local processing plant; the material was completely macerated into very small pieces and placed in plastic vats. The macerated material was mixed with

Table 1
Chemical analysis of Acid ensiled Fish Waste (AFW), Jett, and Sugarcane Final Molasses (SFM), Soya Bean Meal (SBM), Wheat Middlings (WMID) and Pig grower

Ingredients	DM (g.kg ⁻¹)	CP	Ash (g. kg ⁻¹ DM)	EE	Brix0	pH	Reducing sugars	Total sugars
AFW	297	545	124	71	-	1.5	-	-
Jett	575	-	-	-	38.5	4.1	187.2	484
SFM	801	37.2	102.3	-	75	5.2	270.3	376.0
SBM	824	470	57.3	14.9	-	-	-	-
WMID	849	195	48.3	23.4	-	-	-	-
Pig grower	899	171	49.8	31.3	-	-	-	-

diluted sulphuric acid (50%) at the rate of 60 ml.kg⁻¹. The mixture was then transferred to metallic vats where it was heated on an open flame for 45 minutes, cooled and then stored in 22.5 l plastic containers, and covered with hermetically sealed covers. The chemical composition of ensiled fish waste is given in table 1.

2.2.2. Jett and Sugarcane Final Molasses (SFM)

Both Jett (the liquid residue remaining after the refining of brown sugar to white sugar) and SFM were obtained from the local sugar refinery. The composition of both Jett and SFM is given in table 1

2.2.3. Diet formulation

The diets were formulated using the NRC (18) feeding standards as a guideline.

Based on results of a preliminary experiment, diets were formulated to contain 200 g AFW.kg⁻¹ DM allowing for the reduction of soybean meal (SBM) in the diet table 2.

Both Jett and SFM were used as an energy source in the diets, allowing for the reduction of up to 86.4% of the corn in the diet by weight. A commercial pig grower feed based on SBM and corn which is typical of that used by farmers was used as the control in this experiment.

2.3. Carcass evaluation

At the termination of the trial (83 days), pigs were slaughtered and the following parameters were measured: live weight prior to slaughter after a 24-h fast, weight of hot dressed carcass, loin eye area between the 12th and 13th rib, back fat thickness over the 12th and 13th rib both at the midline and P₂ site approximately 6.5 cm off the midline.

2.4. Chemical, blood and bio-chemical analysis

2.4.1. Proximate analysis

Proximate analysis was done on soybean meal, wheat

Table 2
Composition (g.kg⁻¹ DM) of the experimental diets and pig grower (Control)

Ingredients	Control T0	Levels of Jett/SFM (g kg ⁻¹ DM)			
		100/100 T1	200/0 T2	259/259 T3	517/0 T4
1. Wheat Middlings	0	70	70	70	70
2. Ground Corn	660.9	507	507	90	90
3. Soyabean Meal (SBM)	272.6	0	0	100	100
4. Acid ensiled Fish Waste	0	200	200	200	200
5. Jett	0	100	200	258.5	517
6. C-Molasses	25.6	100	0	258.5	0
7. Vit./Min Premix	9.6	10	10	10	10
8. Di-calcium phosphate	9.6	10	10	10	10
9. Limestone	18.4	0	0	0	0
10. Salt (NaCl)	3.3	3.0	3.0	3.0	3.0
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Chemical analysis (g.kg ⁻¹ DM)					
Crude protein (N x 6.25)	171	164	165	166	166
DE MJ.kg ⁻¹	13.6	14.7	14.7	13.6	13.6
Ca	11.0	10.9	10.9	11.1	11.1
P	5.4	6.3	6.3	5.8	5.8
Lysine	10.8	12.0	12.0	13.8	13.8

Middlings, acid ensiled fish waste and sugarcane final molasses according to the procedures outlined by the AOAC (2).

2.4.2. Water- soluble and reducing sugars

The water-soluble carbohydrates were determined as a brix⁰ value using a refractometer, and reducing sugars and sucrose were determined by the method outlined by Miller (16).

2.4.3 Determination of pH

pH values were determined by means of an Expandable Ion Analyser EA 920 (Orion Research) and pH meter (Microprocessor Based pocket Size ATC pH tester model 59000-20) by Cole and Parmer.

2.4.4 Health of animals

Animals were observed daily at feeding for any abnormal behaviour or conditions that may have developed from being fed the experimental diets.

2.4.4.1 Blood and bio-chemical analysis

At the termination of the trial after a 24 hr fast with access to water only, animals were bled via the anterior vena cava. The blood samples taken were placed in vacutainers containing an anti-coagulant (potassium EDTA) for complete blood count and vacutainers without anti-coagulant for serum chemistry. Samples taken were immediately placed into a cooler with ice and transported within an hour to the laboratory for analysis. Complete blood count was done using an automated haematology analyzer model K-4500 manufactured by Sysmex Cooperation, Kobe, Japan.

Serum biochemistry was done using an automatic biochemical analyzer A Menarini Diagnostics (Classic model OM24452 Rev0-031980, manufacturer A. Menarini Diagnostics- via Sette, 3-Florence (Italy). STANBIO Laboratory Texas U.S.A supplied Kits for analysis of Alanine Aminotransferase (ALT), Aspartate Aminotransferase (AST), Alkaline Phosphate (AP), glucose, total protein, and blood urea.

2.5 Statistical design and analysis

There were five treatments, T0 (control, commercial

pig grower) T1, T2, T3, and T4 with varying levels of Jett/SFM (Table 2). Each treatment had four replicates. These treatments were randomly allocated to the twenty pens resulting in a completely randomized design. Analysis of variance and Fisher's pair-wise comparison for mean separation were used for treatment comparison. In addition regression analysis of BW gain on level of Jett inclusion, and on dry matter intake was done to examine the response. In all cases, MINITAB statistical software (17) was used for analysis.

3. Results and discussions

3.1. Feeding varying levels of Jett and Sugarcane Final Molasses with Acid Ensiled Fish Waste

SFM is generally used to improve the palatability of dry feed where it is often incorporated at levels between 2 to 10% in the final mix. Some researchers have experimented with the inclusion of SFM and Jett in the ration of pigs as energy sources; these ingredients were generally fed separately in the ration (3, 4, 20). SFM at the dietary inclusion level of 200 g.kg⁻¹ was found to be adequate and up to 300 g.kg⁻¹ DM produced loose faeces and recommended not to be exceeded. Levels of Jett in the diet up to 680 g.kg⁻¹ DM have been fed without any negative impact on performance.

In the current study these ingredients were fed in combination; SFM dietary inclusion level ranged from 100 to 259 g.kg⁻¹ DM where as Jett ranged from 100 to 517 g.kg⁻¹ DM. The regression of faecal dry matter on the dietary inclusion level of Jett showed a significant ($P < 0.024$) inverse relationship but the R^2 value was low ($R^2 = 25.2\%$). A similar response was observed when faecal dry matter was regressed on dietary level of SFM ($R^2 = 22\%$). JETT/SFM in the diets explained a 25% influence on faecal DM. Treatment T3 with a combination of 259 g SFM and 259 g Jett.kg⁻¹ DM had the highest water intake (6.2 l.d⁻¹) and the lowest ($P < 0.05$) faecal DM (214 g.kg⁻¹), and ADG (468 g.d⁻¹) performance (Table 3).

Table 3
The Live performance of growing-finishing pigs fed, Jett and Sugarcane Final Molasses, with Acid ensiled Fish Waste

Parameters	Treatments levels of Jett/SFM (g.kg ⁻¹ DM)					±SEM	P-value
	T0 Control	T1 100/100	T2 200/0	T3 259/259	T4 517/0		
Initial BW (kg)	35.9	35.1	35.0	34.4	35.4	1.14	$P > 0.953$
Final BW (kg)	85.8	74.4	76.0	73.0	79.0	2.24	$P < 0.046$
Feed Intake (g DM.d ⁻¹)	2076	1526	1545	1458	1339	0.09	$P < 0.001$
Feed Intake (g DM.100 g ⁻¹ BW)	3.4	2.8	2.8	2.7	2.3	0.1	$P < 0.001$
Water Intake (l.d ⁻¹)	5.6	5.7	4.4	6.2	3.9	0.46	$P > 0.059$
ADG (g.d ⁻¹)	601	473	494	468	526	23	$P < 0.031$
FCR	3.5	3.3	3.1	3.1	2.6	0.13	$P < 0.017$
Faecal DM g.kg ⁻¹	378.5	333.9	313.2	214.1	264.6	2.67	$P < 0.029$

Ly and Mollineda (11) reported that liquid diets based on molasses do not contribute to having the stomach function as a digesta reservoir. Further, there is an increase in the diameter and area of the centrifugal colon which negatively affects anti-peristalsis, and would contribute to the incapacity of large intestine to absorb water. This may partially explain the excessive water content of the faeces and lower ADG performance.

3.1.1. Live performance of growing-finishing pigs.

The summary of the performance of pigs is given in table 3. There were significant differences ($P < 0.046$) among treatments for final bodyweight, dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG) and, feed conversion ratio (FCR). DMI ($\text{g DM} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BW}$) for treatment T1, T2, T3 and T4 ranged from 67.6 to 82.4% of the control T0. Where as average daily gain for pigs on treatment T1, T2, T3 and T4 where Jett and SFM supplied the major proportion of the dietary energy ranged from 468 to 526 $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$. These values represented 78.5 and 87.5% of the ADG ($601 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$) achieved by the animals fed the control diet, respectively. These values were also lower than pigs fed Jett by Diaz (14) and those fed conventional cereal diets under a tropical environment (6). Current technology have allowed for greater extraction of sugars during the refining process. Comparative composition between the Jett and SFM used in this study and the literature indicated that Jett had lower sucrose content (20) but SFM used was similar (27).

The regression of ADG on dietary inclusion level of

Jett was explored. ADG on dietary inclusion level of Jett showed a significant ($P < 0.001$) cubic relationship ($R^2 = 90.8\%$) (Figure 1).

The carcasses were lean with low level of back fat at the P_2 site, thus, response observed would be indicative of the lean growth rate of these pigs (18). Ration with the highest dietary Jett inclusion level treatment T4 had the best FCR (2.6) giving a 25.7% improvement over the control (3.5). The protein contribution to the conventional pig diet by maize is not insignificant but has a poorly balanced amino acid profile (22), whereas Jett contains virtually no protein. When the diet is supplemented with equal amounts of protein from soybean meal and fishmeal or AFW, the Jett diet is likely to have a better amino acid composition. Even if the lysine component is correctly balanced, other amino acids may be in greater deficit on a maize-based diet (22).

3.1.2. Carcass analysis.

Summary of the carcass analysis is represented in table 4.

There were significant differences ($P < 0.047$) among treatments for bodyweight at slaughter and back fat at the midline. However, there was no significant difference in P_2 back fat ($P > 0.858$), hot carcass weight ($P > 0.065$), dressing % ($P > 0.118$) and loin eye area ($P > 0.883$). DP% was not so different from Tibbetts *et al.* (24), Speedy *et al.* (22) and Kjos *et al.* (8), but values were higher than those of Figueroa *et al.* (6) and Lallo *et al.* (9). Back fat (P_2 values) were well within acceptable limits for animals slaughtered within the

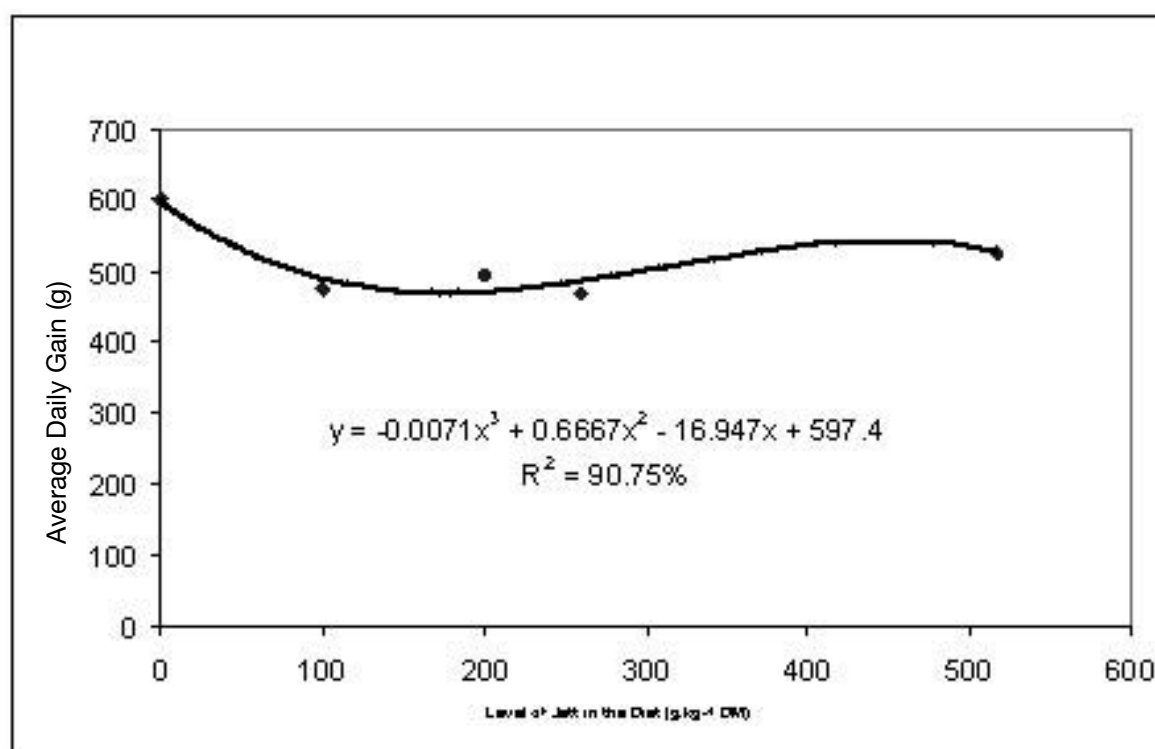


Figure 1: The response Average Daily of Gain ($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) to dietary Jett inclusion level, ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$).

Table 4
The Carcass Analysis for pigs fed Acid ensiled Fish Waste and varying levels of Jett and Sugarcane Final Molasses in the diet

Parameters	Treatments Levels of Jett /SFM (g kg ⁻¹ DM)					± SEM	P-Value
	T0 (Control)	T1 100/100	T2 200/0	T3 259/259	T4 517/0		
BW at Slaughter (kg)	83	70.8	72.5	70	76.3	2.5	P< 0.047
Hot Carcass Wt (kg)	61.6	57.8	53.1	51.9	51.7	2.33	P> 0.065
Dressing %	74.1	73.0	73.3	74.2	75.7	0.6	P> 0.118
Loin Eye Area (cm ²)	52.34	50.29	46.20	46.33	50.67	4.5	P> 0.883
BackFat midline (mm)	13.438	18.44	18.44	10.94	16.25	1.21	P< 0.010
P ₂ (mm)	10.31	10.31	10.63	8.13	10.31	1.57	P> 0.858

weight range, and the values reflected the leanness of the carcasses. Back fat values were lower than that obtained by Speedy *et al.* (22) who investigated the comparison of sugar cane juice and maize as energy sources in diets of growing pigs. Similarly, the values for back fat were much lower than that of Velazquez and Preston (25), Tibbetts *et al.* (24), but not so different to that of Figueroa *et al.* (6) and Kjos *et al.* (8). These factors are, however, affected by breed, age, weight, feeding and health (26). Postmortem examination of the carcasses did not reveal any signs of ill health.

3.2. Blood chemistry and haematology for pigs

Blood chemistry and haematology values are summarized in table 5.

There were no significant differences ($P > 0.454$) among treatments for haemoglobin, MCHC, and white blood cell count. There were however significant differences ($P < 0.017$) in fibrinogen. Haemoglobin levels were within the reference values (14) for all treatments, which suggested that adequate iron was supplied by all the diets. MCHC of pigs on treat-

ments T0, T1, T3 and T4 were all within the normal range. However, animal on treatment T2 had values 30% below the reference value but this was not significant ($P > 0.454$). Numbers of the various circulating blood cells vary with normal physiological as well as pathological conditions. It is also recognized that the variations that normally exist among individuals within a given population can be attributed to sex, age, nutrition, physical exertion, ambient temperature, and diurnal and sexual cycle.

Glucose ($P < 0.023$), ALT ($P < 0.028$), total protein ($P < 0.049$) and blood urea ($P < 0.048$) all showed significant differences among treatments. No significant differences were observed for AST ($P > 0.346$) and alkaline phosphate ($P > 0.679$). The alkaline phosphate levels were within the normal range (110-340 UL). The values obtained for ALT, AST and Alkaline phosphate indicated that there was normal spleen, kidney, and liver function (15). The glucose levels of pigs in the trial were within the normal range (3.8 to 5.38 mmol.l⁻¹), the higher levels observed for treatments T1, T2, T3, and T4 compared to the control (T0) would be reflected

Table 5
Haematology and Bio-Chemistry Parameters for Pigs fed Varying Levels of Jett and Sugarcane Final Molasses in the diet

Parameters	Treatments Levels of Jett/SFM (g. kg ⁻¹ DM)					± SEM	P-value
	T0 (control)	T1 100/100	T2 200/0	T3 259/259	T4 517/0		
Blood urea (mmol.l ⁻¹)	3.8	2.65	1.85	3.275	4.175	0.43	P< 0.048
T. Protein (g.l ⁻¹)	75.75	69.25	63	67.75	73.75	2.21	P< 0.049
Alk. phoshate (μL)	134	89.4	145.75	133.25	141	22.3	P> 0.679
AST (UL)	46.25	88.25	51.75	68.5	57.75	8.9	P> 0.346
ALT (UL)	80.75	97	74.5	102	87	4.79	P< 0.028
Glucose (mmol.l ⁻¹)	3.83	4.925	5.38	4.65	5.33	0.28	P< 0.023
Hgb (g.l ⁻¹)	125	131.25	128.75	130	138.75	4.95	P> 0.598
Hct (l. l ⁻¹)	0.3925	0.415	0.4075	0.4075	0.4425	0.013	P> 0.325
MCHC (g.l ⁻¹)	318.75	316.25	238.54	318.5	313.5	3.72	P> 0.454
WBC 10 ⁹ .l ⁻¹	22.98	21.63	20.45	24	21.95	4.3	P> 0.991
Lymphs 10 ⁹ .l ⁻¹	16.28	12.26	9.695	14.985	12.74	2.3	P> 0.527
Total Solids (g.l ⁻¹)	77.75	71.5	67.25	69.25	74.75	1.73	P< 0.014
Fibrinogen (g.l ⁻¹)	3.5	2.5	2.0	1.5	2.25	0.3	P< 0.07

tive of the high levels of sugars in these diets. Blood urea levels were within the reference values (3.0-8.5 mmol.l⁻¹) for pigs on treatment T3, T4 and T0 but it was 11.6 and 38.3% below the normal range for T1 and T2. Blood urea is derived from the metabolism of protein and the amount of dietary protein consumed and digested often will alter blood urea (5). Treatment T1 and T2 had no soybean meal the major source of protein outside of AFW came from corn.

Conclusions

It was concluded that AFW with SFM and Jett when combined in a balanced ration and fed to pigs can

give acceptable performance under tropical conditions. AFW with SFM and Jett when combined lead to a reduction in the level of imported soybean meal and corn in the ration.

However, there is a need for further work to be done in order to further improve performance.

Acknowledgement

The authors wish to thanks the manager of the St. Madeline sugar refinery. Mr. Ian Leon Poi Erin Farms Ltd of the Trinidad and Tobago Pig Association. Staff of the haematology laboratory School of Veterinary Medicine, UWI.

Literature

1. Alverson D.L., Freeberg M.H., Murawski S.A. & Pope J.G., 1994, A global assessment of fisheries by catch and discards. FAO Fisheries Technical Paper N° 339, FAO, Rome, Italy. 233 pp.
2. AOAC, 1991, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA, USA, 684 pp.
3. Cuarón J.A., 1992, Sugarcane molasses in swine nutrition: physiological and feeding considerations. In: Proc. Maryland Nutr. Conf. Feed Manuf. Pp 54-67.
4. Díaz C.P., 1984, Comportamiento de cerdos alimentados con sirope de refinería, azúcar o cereales. En: Advances de la alimentación porcina en Cuba. Mimeo Instituto de Ciencia Animal. Pp. 35.
5. Eggum B.O., 1970, Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. Br. J. Nutr. 24, 983-988.
6. Figueroa V., Maylin A., Ly J. & Pérez M., 1988, High-test molasses and torula yeast as substitutes of conventional diets for fattening pigs. 1. Performance from 30 to 60 kg LW. Cuban J. Agric. Sci. 22, 285-291.
7. Green S., Wiseman J. & Cole D.J.A., 1983, Fish silage in pig diets. Pig News and Information 4, 269-273.
8. Kjos N.P., Skrede A., Overland M., 1999, Effects of dietary fish silage on growth performance and sensory quality of growing/finishing pigs. Canadian. Journal Animal. Science, 79, 139-147.
9. Lallo C., Singh R., Donawa A. & Madoo G., 1997, The ensiling of poultry offal with sugarcane molasses and *Lactobacillus* culture for feeding to growing/finishing pigs under tropical conditions. Animal Feed Science Technology, 67, 213-222.
10. Ly J., 1992, Studies on the digestibility of pigs fed dietary sucrose, fructose or glucose. Archiv. Anim. Nutr. 42, 1-9.
11. Ly J. & Mollineda, 1983, Large intestine digestion of pigs fed molasses. 1. Morphological aspects. Cuban J. Agric. Sci. 17, 285-29.
12. Machin D.H., 1986, The use of formic acid preserved meat and fish offal silage in pigs and poultry feeding. A thesis submitted in partial fulfillment in the Degree of Doctor of Philosophy. Faculty of Agriculture and Food, University of Reading, pp. 14-222.
13. Mena A., 1987, Sugarcane juice as a substitute for cereal-based feeds for monogastric animals. World Animal Review, 62, 51-56.
14. Merck Veterinary Manual, 1986, A handbook of diagnosis, therapy, and disease prevention and control for the veterinarian. Sixth edition. Publ. Merck & Co. Inc., N. J. USA. Pp 903-914.
15. Meyer D.J. & Harvey J.W., 1998, Veterinary Laboratory Medicine. Second Edition. Publ. W.B. Saunders Company, pp 43-107.
16. Miller G.L., 1959, Use of Dinitro salicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31, 426-428.
17. Minitab inc, 2000, Statistical Software Version 12. Minitab Inc., State college, USA.
18. NRC, 1998, Nutrient Requirement of Domestic Animals. Nutrient Requirement of Swine, 10th revised edition. National Academy Press, Washington. 189 pp.
19. Perez R., 1995, Fish silage for feeding livestock. World Animal Review, 82, 34-42.
20. Perez A., Perez R., & Figueroa V., 1984, Datos preliminares del uso de mieles de la refinación del azúcar de caña en la alimentación de cerdos de ceba. Cien. Téc. Agric. Ganado Porcino, 7, 43-49.
21. Preston T.R. & Murgueitio E., 1992, Strategy for sustainable livestock production in the tropics. CONDRIIT Ltda. Cali. pp. 89.
22. Speedy A.W., Seward L., Langton N., Du Plessis J. & Dlamini B., 1991, A comparison of sugarcane juice and maize as energy sources in diets for growing pigs with equal supply of essential amino acids. Livest. Res. Rur. Dev. 3, 65-73.
23. Summer J., 1977, Fish silage production in the Indo-Pacific Fishery Commission (IPFC) region: a feasibility study. APHCA Second Session, paper 2. Kuala Lumpur,
24. Tibbetts G.W., Seerly R.W., Mc Campbell H.C. & Vezey S.A., 1981, An evaluation of an ensiled waste fish product in swine diets. J. Anim. Sci. 52, 93-100.
25. Velázquez M. & Preston T.R., 1970, High-test and integral molasses as energy sources for growing pigs. Cuban J. Agric. Sci. 4, 55-58.
26. Whittermore C., 1993, The science and practice of pig production. Longman Scientific and Technical, Longman Group UK Ltd. Pp. 4-80.
27. Whythes J.A., Wainwright A.H. & Blight G.W., 1978, Nutrient composition of Queensland molasses. Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb. 18, 629-633.
28. Wiseman J., Green S. & Cole D.J.A., 1982, Nutritive value of oily-fish silage when used to replace ingredients of plant origin in growing pig diets. Proc. Br. Soc. Anim. Prod. 3, 356 (Abstr.).
29. Windsor M. & Barlow S., 1981, Introduction to fishery by-products. Publ. Fishing News Book Ltd. Pp. 84-100.

M. Prosper, Trinidad and Tobago, Graduate student in the Msc program (Tropical Animal Science and Production).

A. Stanley, St. Kitts and Nevis, Msc, was a Graduate student in the Msc program (Tropical Animal Science and Production), currently Livestock Officer, Ministry of Agriculture, St. Kitts and Nevis, West Indies.

M. Campbell, Trinidad and Tobago, MVsc, Lecturer, Chemical Pathology.

C.H.O. Lallo, Jamaica, Msc Animal nutrition, Lecturer in Monogastric and Small ruminant production. (Corresponding author. Tel.: (868) 662 2002, ext. 2090. Fax: (868) 645-0479. E-mail massalal@hotmail.com)

Thermorespiratory Response of West African Dwarf Does to Progestagen Injection

G.N. Egbunike¹, S.I.Ola^{2,*}, K.R. Adegboye², H.A. Abe² & F.A. Ogundana²

Keywords: Progestagens- Rectal temperature- Respiration rate- West african dwarf does

Summary

The physiological responses in terms of respiration rate (RR) and rectal temperature (RT) of 30 West African Dwarf (WAD) does were monitored after a single im injection of different doses of progestagens meant for synchronising oestrus. The treatments involved im injection of 1) 2 ml of sterile water (Control); 2) 25 mg Medroxy Progesterone Acetate, MPA; 3) 50 mg MPA; 4) 50 mg Progesterone and 5) 100 mg progesterone. The RR and RT of each animal were measured at 9:00, 13:00 and 17:00 h for 21 days after each injection. In all the treatment groups the RT did not change significantly ($P > 0.05$) during the weeks following treatment. On the contrary the RR was significantly higher ($P < 0.05$) in the week after injection than in the pre-injection period. Both the RR and the RT were higher at 13:00 h and 17:00 h than at 9:00 h. The RR was more influenced by the animal body size than the RT, while the ambient temperature and humidity affected both the animal's RT and RR. These results indicate that the thermorespiratory function of WAD does under their native humid environment is not negatively affected by injecting ≤ 100 mg progesterone or ≤ 50 mg MPA to synchronize oestrus.

Résumé

Réponse thermorespiratoire de la chèvre naine ouest-africaine à l'injection de progestatif

Les réponses physiologiques en terme de taux de respiration (RR) et de température rectale (RT) de 30 chèvres naines ouest-africaines sont contrôlées après injection unique de différentes doses de progestatif dans l'intention de synchroniser l'oestrus. Les traitements sont une injection im de: 1) 2 ml d'eau stérilisée (servant de témoin); 2) 25 mg d'Acétate de Medroxy-progestérone, MPA; 3) 50 mg MPA; 4) 50 mg de progestérone; et 5) 100 mg de progestérone. Le taux de respiration et la température rectale de chaque animal étaient mesurés respectivement à 9:00, 13:00 et 17:00 h pendant 21 jours après chaque injection.

Dans tous les traitements, la température rectale n'a pas varié de façon significative ($P > 0,05$) dans les semaines qui ont suivi le traitement. Au contraire le taux respiratoire était plus élevé ($P < 0,05$) dans la semaine après injection que dans celle avant l'injection. Aussi bien le taux respiratoire que la température rectale étaient plus élevés à 13:00 et 17:00 h qu'à 9:00 h. Le taux de respiration était plus influencé par le gabarit de l'animal que la température rectale ne l'était. Cependant, la température ambiante et l'humidité influençaient aussi bien la température rectale que le taux de respiration de l'animal. Ces résultats indiquent que la fonction thermorespiratoire de la chèvre naine ouest-africaine dans son milieu naturel n'est pas négativement influencée par des injections de ≤ 100 mg de progestérone ou de ≤ 50 mg d'Acétate de Medroxy-progestérone destinées à synchroniser l'oestrus.

Introduction

Many exogenous factors such as ambient temperature and humidity (4, 10), day length (14) and therapeutic chemicals (18) affect the normal physiological functions of animals. Thus, observable behavioural changes such as augmentation of aggression, increased vocalization, apathy and biological changes such as frothing, increased respiration rate, anorexia and increased body temperature are reliable indicators of impaired well-being of animals. Polydipsia, depression

and elevated blood glucose resulting from progestagen treatments have been reported in the bitch and the queen (8, 11). Also in the report covering 1997 and 1998, the Australian "National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals" reported that chorionic gonadotropin + progesterone and oxytocin caused a total of 5 product-related deaths in cattle after intravenous injection (15).

In the humid tropics a major problem confronting

¹Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

²Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

*Corresponding author: Department of Animal science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. E-mail: sola@oauife.edu.ng Phone: +234 803 4053035

Received on 26.04.04. and accepted for publication on 18.08.04.

Table 1
Initial liveweight, age and parity of the randomized animals

Treatment	Control	25 mg MPA	50 mg MPA	50 mg Progesterone	100 mg Progesterone
n	5	7	6	7	5
Liveweight (kg)	14.3 ± 4.6 ^a	9.4 ± 2.1 ^b	12.3 ± 3.4 ^b	10.8 ± 3.7 ^b	15.2 ± 2.6 ^a
Parity	3.6 ± 2.2	3.4 ± 2.3	3.6 ± 2.8	3.5 ± 2.5	3.8 ± 2.2
Age (years)	3.8 ± 2.9	4.0 ± 2.1	3.9 ± 2.0	4.2 ± 3.0	3.9 ± 2.8

Values (mean ± SD) with different superscript within a row differ significantly ($P < 0.05$)

animal production is that of heat stress as a result of the all-year-round high ambient temperature and relative humidity (17). Therefore, any innovation in animal agriculture should at least not add to the heat load on the animals in this region. Progestagens are administered to livestock for many reasons including therapeutic and prophylactic purposes. The aim of this study was to determine whether the intramuscular administration of progestagens for oestrus synchronization would upset the thermorespiratory balance of the animals under the warm humid climate of Ile-Ife, Nigeria. The respiration rate (RR) and the rectal temperature (RT) were determined in West African Dwarf (WAD) does following the intramuscular injection of progestagens.

Materials and methods

Experimental site, period and animals

The study was conducted at the goat unit of the Teaching and Research Farm, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria which is situated between 7° 28' N and 4° 33' E at an altitude of 240 m above sea level. The experiment lasted 28 rain-free days between 10th February and 9th March 2002, a period depicted as late dry season (6). The mean daytime air temperature and humidity within the barn during this period were monitored.

The experimental animals used were 30 non-pregnant WAD does aged between 1.5–5 years and varied in parity from 0–6. During the experimental period, the animals were permanently confined to the pens and fed in groups of 3 per pen with *Panicum maximum* and *Gliricidia sepium* forage *ad libitum* supplemented with 150 g/day/animal of ration. The ration contained 35% corn offal, 40% palm kernel cake, 23% wheat offal, 1% bone meal, 1% oyster shell, 0.25% common salt and 0.1% vitamin/mineral premix. Water was also supplied daily. After 4 weeks of adaptation, the animals were randomly allotted with respect to parity and age to the 5 treatment groups (Table 1).

Experimental treatments, data collection and statistical analyses

The treatments involved once im injection of progestagen as an oestrus synchronizing agent, in the lumbosacral area. The treatments were:

Treatment SH₂O - 2 ml of sterile water (control)

Treatment 25 MPA - 25 mg Medroxy-progesterone-acetate, MPA, (Depo-Provera®, Upjohn) in aqueous suspension

Treatment 50 MPA - 50 mg MPA in aqueous suspension

Treatment 50 PROG - 50 mg progesterone (Longlife, China) in oil suspension

Treatment 100 PRO - 100 mg progesterone in oil suspension

Measurement of the RR and the RT in all animals commenced 7 days before injection and continued for 21 days after injection. The RR and the RT of each animal were measured simultaneously thrice daily between 9:00–10:00 h, 13:00–14:00 h and 17:00–18:00 h throughout the 28 days of the experiment. The RR was determined by counting the number of thoracoabdominal excursions (flank movements) of a restrained doe over two 15-second periods (3, 20). The RT was measured with a clinical thermometer inserted into the rectum to a depth of about 3 cm for at least 2 minutes. During the observation period dry and wet bulb temperatures (DT and WT respectively) within the barn were recorded simultaneously with the measuring of the physiological parameters. The relative humidity (RH) was calculated from the dry and wet bulb temperatures using the automatic humidity reader from <http://www.bom.gov.au/lam/humiditycalc.shtml>. The data obtained from the RR and the RT measurements were analysed for variance using the GLM procedure of the SAS (19) software. Regression and correlation analyses were also run between the physiological variables and the climatic variables or metabolic body size ($BW^{0.75}$) of the does.

Results

Effect of progestagen treatment on thermorespiratory variables

As set out in table 2, the mean daytime RT of the animals in any of the treatment groups after the injection i.e. week 2 to 4, was not different ($P > 0.05$) from the pre-injection i.e. week 1 values.

However, when compared for the different periods of the day the RT was lower at 9:00 h (morning) than at 13:00 h (early afternoon) and 17:00 h (late afternoon)

Table 2
Rectal temperature (°C) of WAD does after progestagen injection

Treatment	Control	25 mg MPA	50 mg MPA	50 mg Progesterone	100 mg Progesterone
Week of study					
1	39.1 ± 0.3	39.4 ± 0.3	39.0 ± 0.3	39.9 ± 0.9	39.3 ± 0.3
2	39.2 ± 0.4	39.4 ± 0.4	39.1 ± 0.3	39.4 ± 0.3	39.2 ± 0.3
3	38.9 ± 0.2	39.1 ± 0.3	38.8 ± 0.2	39.2 ± 0.3	39.1 ± 0.2
4	39.1 ± 0.2	39.0 ± 0.3	38.9 ± 0.2	39.1 ± 0.3	39.2 ± 0.2
Time of day					
9:00 h	38.7 ± 0.1 ^{A,b}	38.7 ± 0.1 ^{A,b}	38.5 ± 0.02 ^{B,b}	38.8 ± 0.1 ^{A,c}	38.7 ± 0.04 ^{A,b}
13:00 h	39.2 ± 0.04 ^{AB,a}	39.4 ± 0.1 ^{A,a}	39.0 ± 0.1 ^{B,a}	39.4 ± 0.1 ^{A,b}	39.2 ± 0.1 ^{AB,a}
17:00 h	39.3 ± 0.1 ^{C,a}	39.7 ± 0.1 ^{B,a}	39.3 ± 0.1 ^{C,a}	40.2 ± 0.6 ^{A,a}	39.5 ± 0.1 ^{BC,a}

Values (mean ± SD) with different superscript within a row (^{A,B,C}) or column (^{a,b,c}) in either groupings differ significantly ($P < 0.05$)

Table 3
Respiration rate (pant/min) of WAD does after progestagen injection

Treatment	Control	25 mg MPA	50 mg MPA	50 mg Progesterone	100 mg Progesterone
Week of study					
1	82.9 ± 12.2 ^{A,b}	86.5 ± 17.8 ^{A,c}	87.2 ± 18.3 ^{A,c}	89.1 ± 16.7 ^{A,c}	66.6 ± 8.5 ^{B,c}
2	122.5 ± 24.7 ^{B,a}	136.8 ± 40.0 ^{AB,a}	140.4 ± 35.8 ^{A,a}	136.2 ± 31.3 ^{AB,a}	98.4 ± 21.2 ^{C,a}
3	113.6 ± 14.7 ^{AB,a}	124.6 ± 31.5 ^{A,ab}	92.0 ± 29.6 ^{C,c}	103.5 ± 17.5 ^{BC,b}	100.6 ± 13.9 ^{BC,a}
4	111.3 ± 16.8 ^{A,a}	113.2 ± 25.8 ^{A,b}	109.5 ± 26.3 ^{A,b}	99.8 ± 18.2 ^{A,bc}	83.0 ± 7.3 ^{B,b}
Time of day					
09:00 h	74.8 ± 5.5 ^b	58.5 ± 2.4 ^b	66.1 ± 5.5 ^c	66.5 ± 3.3 ^b	63.6 ± 4.8 ^b
13:00 h	131.5 ± 12.7 ^{A,a}	144.7 ± 13.7 ^{A,a}	150.1 ± 13.9 ^{A,a}	134.1 ± 13.5 ^{A,a}	106.3 ± 1.8 ^{B,a}
17:00 h	116.4 ± 8.8 ^{B,a}	142.8 ± 17.9 ^{A,a}	106.7 ± 25.0 ^{BC,b}	120.9 ± 14.6 ^{B,a}	91.8 ± 9.7 ^{C,a}

Values (mean±SD) with different superscripts within a row (^{A,B,C}) or column (^{a,b,c}) in either groupings differ significantly ($P < 0.05$)

in all treatment groups. The RT at 13:00 h and 17:00 h was usually not different except for animals in the 50 PROG group that had a higher ($P < 0.05$) RT at 17:00 h. There were also significant variations in the RT between the treatments at each time period of measurement.

The lowest RT value was obtained at 09:00 h in the 50 MPA group (38.5 ± 0.02 °C) while the highest value occurred in the 50 PROG group at 17:00 h (40.2 ± 0.6 °C).

Table 3 represents the RR of the treatment groups compared between the weeks and the time of the day during the entire study period.

In all the treatments including the control the RR was significantly higher ($P < 0.05$) in the immediate week after injection (week 2) than in the pre-injection (week 1) period. It was also noted that the increased RR values remained so throughout the study in treatments 25 MPA, 100 PROG and in the control. In the 50 MPA and the 50 PROG treatments the values for the third

Table 4
Diurnal variation in the climatic variables during the experiment

Parameter	9:00 h	13:00 h	17:00 h	Daytime mean
Dry bulb temp. (°C)	27.9 ± 0.3 ^b	36.5 ± 0.3 ^a	36.2 ± 0.4 ^a	33.0 ± 4.8
Wet bulb temp. (°C)	27.0 ± 0.3 ^b	34.1 ± 0.6 ^a	35.1 ± 0.5 ^a	31.9 ± 4.4
Relative humidity (%)	93.0 ± 1.2 ^a	84.1 ± 0.9 ^b	93.1 ± 1.8 ^a	91.0 ± 5.1

^{a,b}Values (mean ± SD) within a row, excluding the mean, with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

Table 5
Relationship between the physiological variables and the climatic variables or metabolic body size in WAD does

Dependent (Y)	Regression equation	Independent (X)	r	R ²
Rectal temperature	Y= 35.70 + 0.10X	Dry bulb temperature	0.72**	0.52
	Y= 36.43 + 0.08X	Wet bulb temperature	0.70**	0.49
	Y= 307.91- 7.51X	Metabolic body size	-0.44	0.19
Respiration rate	Y= -186.3 + 8.99X	Dry bulb temperature	0.65**	0.42
	Y= -115.3 + 7.10X	Wet bulb temperature	0.60**	0.36
	Y= 24.21 - 0.09X	Metabolic body size	-0.59**	0.35

** P< 0.01 r= coefficient of correlation R²= coefficient of determination

(92.0 ± 29.6 pants/min) and fourth (99.8 ± 18.2 pants/min) weeks respectively were not different from their pre-injection values (87.2 ± 18.3 and 89.1 ± 16.7 pants/min respectively). Comparing the RR at different times of the day revealed that irrespective of the treatment the RR was always lower in the morning (9:00 h) than in the early (13:00 h) or late afternoon (17:00 h) while there was no difference (P> 0.05) between the latter two, except in treatment group 50 MPA (150.1 ± 13.9 and 106.7 ± 25.0 pants/min respectively, P< 0.05). RR values also varied significantly between treatments at 13:00 and 17:00 h, but not at 9:00 h periods.

Effect of climatic variables on thermorespiratory variables

The mean daytime values for the DT, the WT and the RH within the barn during the 28 days of the study were 33.0 ± 4.8 °C, 31.9 ± 4.4 °C and 91.0 ± 5.1% respectively (Table 4).

Both the DT and WT were significantly lower (P< 0.05) at 9:00 and 13:00 h than at 17:00 h, whereas the RH at 9:00h (93.0 ± 1.2%) and 17:00 h (93.1 ± 1.8%) was higher than the 13:00 h reading (84.1 ± 0.9%). The correlation coefficients as well as the regression equations between the climatic variables (DT and WT) and the thermorespiratory variables (RT and RR) for the pooled experimental does are set out in table 5.

The RT was significantly (P< 0.01) more related to the DT (r= 0.72) and WT (r= 0.70) than the RR (0.65 and 0.60 respectively). Also the DT accounted for the majority of the variations in the RT (R²= 0.52) and RR (R²= 0.42). However both the RT (r= -0.44) and the RR (r= -0.59) showed negative relationships to the animal metabolic size.

Discussion

The ranges of the RR and the RT values of the WAD goats during this experiment agreed with the normal range already reported for the same breed under various climatic conditions (5, 12, 16). This suggests that the animals were apparently healthy and not stressed during the study. While the RR of the does increased significantly after the injections, the animals were still able to maintain their RT throughout the study. The increase in the RR could not be associated

with the progestagen injection since the control group was also affected. It may have been due to the slight rise in the mean daytime ambient temperature during week 2 (33.4 ± 4.8 °C) compared to that of week 1 (31.9 ± 4.8 °C). This could be confirmed by the fact that both the RT and the RR under the various injections fluctuated diurnally in response to the diurnal variation in the DT. However both variables (RR and RT) were still within the range reported by earlier workers (5, 12, 16). Panting serves as the control mechanism for keeping the body heat production of heat stressed animals under control (17). This mechanism is very vital to the efficiency and survival of tropical animals (1, 4, 9). The observations in the present study confirm the earlier assertions that except in the case of infection (23), low energy intake (2) and heat stress (5, 13) WAD goats, as homeotherms, will maintain their body temperature within a normal range of between 38.5 and 39.7 °C.

The dry-bulb temperature is more important than the wet-bulb temperature in determining the thermal stress to animals in the tropics (4, 5, 22). This was also confirmed in the present study, as higher correlation coefficients were obtained between the DT and the thermorespiratory variables than between the WT and these variables. Under the high ambient temperature (30-40 °C) and relative humidity (> 70%) of the humid tropics goat pants to reduce the heat load on the body (5, 21). The heat load will be lesser in larger animals than in smaller ones since the former are able to dispose of more heat through sweating and conduction (17). This would explain the negative relationship obtained between the metabolic size and the thermorespiratory variables and also the lower RR of the 100 PROG group at 13:00 h and 17:00 h compared to other treatment groups at the same time. Regression equations and correlation coefficients obtained in our study therefore supported the established positive relation between the RR or the RT and the ambient temperature and the negative relation between the RR or the RT and the animal body size. Ahmed and El-Amin (1) obtained similar equations and relations in Zebu cows in the dry tropical Sudan. Hamzat (7) further showed that the thermal comfort of the WAD goats under humid conditions is improved by shearing.

Conclusion

The results of our study suggest that intramuscular injection of 50 mg of MPA or 100 mg of progesterone for oestrus synchronisation in WAD goats does not constitute to heat stress in the animal. The climatic variables, most especially the ambient temperature and the relative humidity, and the animal body size, are more important in determining heat stress in the WAD does under the humid conditions.

Acknowledgment

We thank Dr R. Kassali of the Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria for the translation of the abstract to French.

Literature

1. Ahmed M.M.M. & El Amin A.I., 1997, Effect of hot dry summer tropical climate on forage intake and milk yield in Holstein-Friesian and indigenous zebu cows in Sudan. *J. Arid Environ.* 35, 737-745.
2. Akinbami O.O., van Dam J.T., Tolamp B.J. & Zwart D., 1996, The effect of level of energy intake on rectal temp and maintenance requirement of West African Dwarf goats. *Vet. Quart.* 18, 26-28.
3. Ames D.R. & Arehart L.A., 1972, Physiological responses of lambs to auditory stimuli. *J. Anim. Sci.* 34, 994-997.
4. Egbunike G.N., 1979, The relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in the thermorepiratory function in the chicken. *Zbl. Vet. Med. A.* 26, 573-579.
5. Egbunike G.N. & Bitto I.I., 1999, Effects of season on the physiological responses of the West African dwarf buck exposed to acute tropical sunlight. *Trop. Anim. Prod. Invest.* 2, 19-27.
6. Egbunike G.N. & Steinbach J., 1979, Seasonal variations in the sperm production rates of boars in a humid tropical environment. *Nigerian. J. Agric. Sci.* 1, 21-26.
7. Hamzat R.A., 1998, The effect of shearing on the response of goats in humid tropics. M.Sc thesis, Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 98 p.
8. Hart B.L., 1980, Objectionable urine spraying and urine marking in cats: evaluation of progestin treatment in gonadectomised males and females. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 177, 529-533.
9. Johnson K.G., 1970, Sweating rate and the electrolyte content of skin secretions of *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cows. *J. Agric Sci., Cambrigde*, 75, 397-411.
10. Johnson K.G., 1971, Body temperature lability in sheep and goat during short-term exposures to heat and cold. *J. Agric. Sci. Cambrigde*, 77, 267-272.
11. Middleton D.J. & Watson A.D. 1985, Glucose intolerance in cats given short-term therapies of prednisolone and megestrol acetate. *Am. J. Vet. Res.* 46, 2623-2625.
12. Montsma G. & Hofs P., 1985, Physiological reaction of West African Dwarf goats to various ambient temperatures. Personal communication.
13. Montsma G., Luiting P., Verstegen M.W.A., Hel W., Hofs F. & Zulker J.W., 1985, Effects of high ambient temperatures on the metabolism of West African Dwarf goats. *Int. J. Biometeor.* 29, 23-35.
14. Newbold J.A., Chapin L.T., Zinn S.A. & Turker H.A., 1991, Effects of photoperiod on mammary development and concentration of hormones in serum of pregnant dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 74, 1, 100-108.
15. National Registration Authority, NRA, 1999, Report of adverse experiences, 1997/1998. National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals. <http://www.nra.gov.au/qa/aer9798.pdf>.
16. Ogebe P.O., Ogunmodede B.K. & McDowell L.R., 1996, Behavioural and physiological responses of Nigerian dwarf goats to seasonal changes of the humid tropics. *Small Rum. Res.* 22, 3, 213-217.
17. Pagot J., 1992, Animal production in the tropics and subtropics. Macmillan, London, 517 p.
18. Romagnoli S. & Concannon P.W., 2003, Clinical use of progestins in bitches and queens: a review, in: Concannon P.W., England G., Verstegen J. & Linde-Forsberg C. (editors), Recent advances in small animal reproduction. IVIS, New York, USA. <http://www.ivis.org/docA1206.0903>.
19. Statistical Analysis System, SAS, 1997, SAS Inc, Carry, North Carolina, 1997 edition.
20. Simms R.H., 1971, Respiratory rates and rectal temperature in the newborn lamb. *J. Anim. Sci.* 32, 296-300.
21. Singh K. & Saxena S.K., 1995, Heat tolerance in three breeds of Indian goats. *Indian Vet. J.* 72, 466-468.
22. Steinbach J., 1971, Relative effects of temperature and humidity on thermal comfort in swine. *Nigerian. Agric. J.* 8, 132-134.
23. van Miert A.S., van Duin C.T. & Wensing T., 1992, Fever and acute phase response induced in dwarf goats by endotoxin and bovine and human recombinant tumour necrosis factor alpha. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 15, 332-342.

G.N. Egbunike, Nigerian, Ph.D., Professor of Animal Physiology, Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

S.I. Ola, Nigerian, MSc., Lecturer in Reproductive Physiology, Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria, *Corresponding author: Department of Animal science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. E-mail:sola@oauife.edu.ng Phone: +234 803 4053035.

K.R. Adegboye, Nigerian, B.Agric (Hons) (Animal Science), Graduated in Sept 2002 from the Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

H.A. Abe, Nigerian, B.Agric (Hons) (Animal Science), Graduated in Sept 2002 from the Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

F.A. Ogundana, Nigerian, B.Agric (Hons) (Animal Science), Graduated in Sept 2002 from the Department of Animal Science, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

Dry Season Effect on Live Weight and some Body Dimensions of Working Donkeys in the Sudano-sahel Region of Cameroon

A.L. Ebangi¹ & E. Vall²

Keywords: Working donkeys- Live weight- Body dimensions- Season- Supplementation- Cameroon

Summary

Live weight (LW), heart girth (HG), trunk length (TL), body length (BL) and height-at-withers (HW) of 135 working donkeys, aged between two and 15 years, were monitored during the dry season of 1996 and 1997. This was to determine period(s) of the dry season when feed supplementation and/or health care should be reinforced in preparation of high work demands during the rainy season. Variations in LW, HG, TL, BL, HW, HG:HW and TL:HW from start of the dry season to the start of the rainy season were highly significant ($P < 0.001$). Correlations between live weight and the other measures were positive and highly significant ($P < 0.0001$). Males showed weight gains between start of the cold-dry-season (CDS) and start of the hot-dry-season (HDS). Weight gains in castrates were between start of the CDS and end of the HDS (April). Female donkeys maintained weight gains through out the dry season. Consequently, supplementation of castrates and males at the beginning (January) and end (April) of the HDS as to reinforce and maintain significant weight gains for maximize draught energy potential for rainy season work demands, is necessary. Where the female donkey express weight gain but poor bodied there will be need for supplementation in order to booster and enhance endurance. Also, estimates of HG, TL, BL, HW, HG:HW and TL:HW may be useful indicators for the selection of working donkeys as to optimize draft capacity and endurance for rainy season work demands.

Résumé

Effet de la saison sèche sur le poids et quelques dimensions du corps des ânes de traits de la région soudano-sahélienne du Cameroun

Le poids vif (PV), le périmètre thoracique (PT), la longueur du tronc (LT), la longueur du corps (LC) et la hauteur au garrot (HG) pour 135 ânes de traits, âgés de deux à 13 ans, ont été mesurés durant la saison sèche de 1997 et de 1998. L'objectif était de déterminer la (les) période(s) de saison sèche où la supplémentation alimentaire pourrait être intensifiée en vue de la préparation des animaux aux travaux intensifs de saison des pluies. Les variations de PV, PT, LT, LC, HG, PT:HG et LT:HG du début de la saison sèche au début de la saison des pluies étaient fortement significatives ($P < 0,001$). Les corrélations entre le PV et les autres mesures étaient positives et fortement significatives ($P < 0,0001$). Les mâles entiers ont montré un gain de poids entre le début de la saison-sèche-froide (SSF) et le début de la saison-sèche-chaude (SSC). Les castrés ont montré des gains de poids entre le début de la SSF et la fin de la SSC (avril). Les ânesses ont maintenu des gains de poids jusqu'au début de la saison pluvieuse. Il a été observé que la supplémentation des mâles entiers et/ou castrés doit commencer au début de la SSC (janvier) et/ou à la fin de la SSC afin de renforcer et maintenir le gain du poids pour optimiser le potentiel d'énergie des ânes de traits en saison des pluies. Pour augmenter la capacité de trait et la résistance, la supplémentation est nécessaire pour les ânesses en mauvais état corporel. En outre, l'estimation de PT, LT, LC, HG, PT:HG et LT:HG peut être un indicateur utile pour la sélection des ânes de traits afin d'optimiser leur capacité du travail en saison pluvieuse.

Introduction

Farmers in Northern Cameroon have since 1970 been historically attached to draft animals. Of recent, donkeys are used increasingly, especially within the cotton producing zones of Guider in the North Province, and Kaele and Maroua South of the Far North Province of Cameroon. Between 1978 and

1983, the donkey population estimates rose from 700 to 3.000 head (6) and today they are estimated at about 25.000 head, representing 30% of working animals (9). These donkeys are characteristics of the *Equus asinus nubicus* (1, 9) though they are small bodied (live weight averages 130 kg as against 200

¹ Institute of Agricultural Research for Development, Wakwa Regional Centre, PO Box 65, Ngaoundere, Cameroon. E-mail alebangi@hotmail.com

² CIRAD-EMVT, TA 30/A, Campus international de Baillarguet, 30398 Montpellier Cedex 5, France. E-mail eric.vall@cirad.fr

kg and height-at-withers 100 cm as against 125 cm) compared to typical Nubian types. However, they possess a high ability to tolerate the long stressful dry season (October to June) and can survive on relatively high forage diets that may not be readily accepted by other classes of livestock. They are less affected by external parasites and can survive in tsetse infested areas (3). However, due to the long stressful dry season of the northern region of Cameroon, the body conditions of the donkeys fluctuate, especially, during the dry season as feed supply fluctuates. Vall *et al.* (9) reported that the majority (70%) of working male donkeys in North Cameroon are good bodied the greater part of the dry season. The female donkeys, however, are generally poor bodied as reflected by low body condition score (BCS). Tembo (8) and Vall (10) suggested that draft capacity is directly proportionate to body size. However, the optimum draft force will depend on the live weight and also on the body condition of the animal. The live weight will directly affect draft capacity given that optimum draft force has been estimated between 10 and 16% of the animal's live weight (10). Endurance is an essential component of the draft capacity of the donkey. This will depend on the physical form of the donkey which depends directly on the nutritional and health status of the animal. Consequently, the visual appreciation (BCS) of the donkey though subjective, is a good indicator of endurance. Therefore in order to optimize draft energy potential of the working donkey, it will be necessary to improve on the live weight and also on the body condition. Consequently, an assessment of the changes in live weight and body dimensions in conjunction with body conditions and health status of working donkey will be useful for reliable assessment of working donkeys in the dry season.

The objective of the present study is, therefore, to study the changes in live weight and body dimensions of the working donkeys during the long stressful dry season. This will be useful, in conjunction with information by Vall *et al.* (9) and Ebangi and Vall (Unpublished) for the determination of period(s) most appropriate for the development of nutritionally sound recommendations on the improvement of the feeding of working donkeys. This strategy will help reinforce maintenance and steady growth as to maximize draught energy potential for the rainy season work demands.

Materials and methods

Experimental animals

A sample of 135 working donkeys (59 males, 16 castrates and 60 females), belonging to smallholder farmers of five villages (Tchonchi, Ouro El Hadji, Mayel Naode, Zamay, Amitie) within two cotton producing areas: Guider (Lat. 09° 53' N and Long. 13° 17' E) and Maroua South (Lat. 10° 35' N and Long. 14° 20' E)

were selected. Female donkeys with visible signs of pregnancy were excluded from the experiment. The donkeys aged two to 15 years were grouped into five age groups (two to three years; four to six years; seven to nine years; 10 to 12 years and above 12 years) and identified with ear tags. They were allowed to fend for themselves on open natural pastures, with little or no health care. Details on climate, management environment, body conditions (BCS) and phenotype have been documented by Vall *et al.* (9) and Ebangi and Vall (1).

Period of experimentation

Measurements on the experimental donkeys were carried at four distinct periods: beginning of the dry-cold-season (DCS) of 1996 (October); beginning of the Hot-dry-season (HDS) of 1997 (January); end of the HDS of 1997 (April) and at the start of the 1997 rainy season (June). The period between April and May was considered as a transitional period during which rainfall is very inconsistent and quite insignificant.

Weights and body dimensions

The traits studied included:

Live weight (LW), measured with a portable mobile electronic weighing (Marechalle pesage with a precision of 0.001 kg) scale attached to a mobile weighing cage; Heart girth (HG), the circumference from the caudal edge of the withers behind the elbow; Body length (BL), the distance from the forehead to the tuber ischii and Trunk length (TL), the distance from the elbow to the tuber ischii measured with a graduated plastic tape and Height-at-withers (HW), the distance from the level ground to the highest point of the withers measured using a measuring stick. Ages of the donkeys were determined from the incisors as described by Jones (2).

Statistical analysis

Data summarized in table 1 were analyzed with the SAS computer program (7) that adjusted for significant effects. Least Squares Means (LSM) and Standard Errors (SE) for the various live weight and body dimensions were computed using a Linear Model. This model also determined the impact of village, sex, seasonal variation (period), age group and coat color on the response variables that included live weight (LW), heart girth (HG), trunk length (TL), body length (BL), height-at-withers (HW), proportion of heart girth to height-at-withers (HG:HW) and proportion of trunk length to height-at-withers (TL:HW).

All the effects were considered fixed but for the error that was random and assumed to be identically, independently and normally distributed with zero means and variance σ^2 (iid 0, σ^2).

The Linear Model was presented as

$$y_{ijklmn} = \mu + V_i + S_j + A_k + C_l + P_m + e_{ijklmn} \text{ where,}$$

μ = Overall mean of the response variable;

Table 1
Live weights (kg) and body dimensions (cm) of working donkeys in northern Cameroon

Trait	N°	Mean	SD	CV	Minimum	Maximum
Live weight (kg)	540	123.45	15.98	12.17	84	172
Heart girth (cm)	540	107.53	4.11	3.76	97	125
Trunk length (cm)	540	110.19	5.74	5.07	91	126
Height-at-withers (cm)	540	98.05	3.57	3.34	90	110
Body length (cm)	539	137.26	9.16	5.56	115	173
HG:HW	540	1.10	0.03	2.92	0.97	1.21
TL:HW	540	1.20	0.05	4.26	0.88	1.29

SD= standard deviation; CV= coefficient of variation; HG:HW= proportion of heart girth to height-at-withers; TL:HW= proportion trunk length to height-at-withers; N°= number of measurements.

V_i = Effect of village (i = Tchonchi, Ouro El Hadji, Mayel Naode, Zamay, Amitie);

S_j = Effect of sex (j = non castrate, female, castrate);

A_k = Effect of age group (k = 2 to 3 yrs, 4 to 6 yrs, 7 to 9 yrs, 10 to 12 yrs, above 12 yrs);

C_l = Effect of coat color (l = light grey, dark grey, brownish grey, black, cream);

P_m = Effect of period of measurement (m = Oct. 1996, Jan. 1997, April 1997 and June 1997) and

e_{ijklmn} = Random effect of error attributable to the n^{th} working donkey of the i^{th} sex belonging to the j^{th} age group and of the l^{th} coat color for measurements obtained in the m^{th} period.

Results and discussions

The impact of the independent variables on the dependent variables are presented in table 2.

With the exception of period (period of the dry season) that did not affect heart girth, trunk length and proportion of trunk length to height-at-withers (TL:HW), all other variables significantly ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) affected the dependent variables. The significant sex and age effects reported corroborate reports by Ebangi and Vall (1). However, the sexual dimorphism reported in this study did not agree with reports by Nengomasha *et al.* (4). With the exception of TL:HW, the significant coat color effect ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) obtained in the present study contradicts reports by Ebangi and Vall (1), suggesting the possibility of adaptive significance of this trait on live weight and body dimensions during the dry season.

Table 3 shows changes in the response variables from the start of the cold-dry-season (October) to the beginning of the rainy season (June). There was generally an increase from the start of the CDS to the

Table 2
Variance analysis of impact of fixed effects on live weight and body dimensions of working donkeys of northern Cameroon in the dry season

Dependent variable	Independent variable	Degree of freedom	F value	P
Live weight	Age group	4	19.75	0.0001
	Village	4	9.32	0.0001
	Sex	2	8.94	0.0002
	Period	3	4.92	0.0022
	Coat color	4	4.58	0.0012
Heart girth	Age group	4	13.84	0.0001
	Village	4	2.04	0.0877
	Sex	2	4.75	0.0090
	Period	3	1.37	0.2516
	Coat color	4	3.74	0.0052
Height-at-withers	Age group	4	4.66	0.0011
	Village	4	6.00	0.0001
	Sex	2	8.14	0.0003
	Period	3	3.23	0.0222
	Coat color	4	10.30	0.0001
Trunk length	Age group	4	22.35	0.0001
	Village	4	3.34	0.0103
	Sex	2	9.12	0.0001
	Period	3	2.29	0.0778
	Coat color	4	4.00	0.0033
Body length	Age group	4	11.95	0.0001
	Village	4	14.84	0.0001
	Sex	2	52.23	0.0001
	Period	3	3.40	0.0176
	Coat color	4	5.73	0.0002
Heart girth: Height-at-withers	Age group	4	3.77	0.0001
	Village	4	6.17	0.0001
	Sex	2	13.17	0.0001
	Period	3	2.56	0.053
	Coat color	4	3.51	0.007
Trunk length: Height-at-withers	Age group	4	6.73	0.0001
	Village	4	12.91	0.0001
	Sex	2	13.53	0.0001
	Period	3	1.49	0.217
	Coat color	4	0.96	0.427

Table 3
Least squares means and standard errors (SE) for live weights and body dimensions
of working donkeys according to sex by period of the dry season

Trait/ Sex*Per.	LW (kg)	HG (cm)	TL (cm)	HW (cm)	BL (cm)
Oct. 96					
Male	118.05 (2.08)	106.68 (0.57)	108.34 (0.76)	97.87 (0.59)	133.31 (1.12)
Female	119.96 (2.19)	107.67 (0.59)	109.76 (0.80)	97.98 (0.51)	137.18 (1.17)
Castrate	121.05 (8.62)	107.71 (2.36)	111.80 (3.16)	101.50 (2.02)	132.56 (4.62)
Jan. 97					
Male	121.44 (2.08)	107.13 (0.57)	109.63 (0.76)	97.95 (0.59)	133.90 (1.12)
Female	127.56 (2.19)	108.08 (0.60)	111.23 (0.80)	98.50 (0.51)	142.04 (1.17)
Castrate	124.37 (8.62)	108.20 (2.36)	111.89 (3.16)	102.36 (2.02)	132.73 (4.63)
April 97					
Male	120.76 (2.08)	106.93 (0.57)	109.31 (0.76)	98.93 (0.59)	133.04 (1.12)
Female	128.97 (2.19)	108.44 (0.60)	112.09 (0.80)	99.39 (0.51)	142.39 (1.18)
Castrate	127.48 (8.62)	108.58 (2.36)	108.72 (3.16)	103.05 (2.02)	134.49 (4.63)
June 97					
Male	118.12 (2.08)	107.16 (0.57)	108.70 (0.76)	98.76 (0.49)	131.75 (1.12)
Female	129.25 (2.19)	109.13 (0.60)	111.80 (0.80)	98.74 (0.51)	144.04 (1.17)
Castrate	125.83 (8.62)	109.22 (2.36)	111.06 (3.16)	102.10 (2.02)	132.06 (4.63)

LW= live weight, HG= heart girth, TL= trunk length, HW= height-at-withers, BL= body length, PER= period of dry season.

end of the HDS. The sexual dimorphism characteristic of the working donkeys in the area is clearly shown in table 3 and figure 1.

There was an increase in the mean LW of female donkeys from the start of the CDS to the start of the rainy season. The mean LW of female donkeys was higher than that of the male donkeys. Castrated donkeys however, had a higher mean live weight than the males. The castrates gained weight as from the beginning of the CDS up to the end of the HDS and thereafter, they experienced weight loss. However, results obtained by Vall *et al.* (9) on the same animals indicated that the female donkeys registered lower BCS and lower percentage of Packed Cell Volume (PCV) during the dry season, compared to the males. Surprisingly, the same female donkeys, as indicated in the present study, maintained weight gain through out the dry season. It is possible that live weight measurements obtained on the females could have been inflated as a result of unidentified cases of pregnancy.

Otherwise this fact may be indicative that live weight alone might not be the best barometer for the evaluation of the draft capacity of the animal. While live weight might be indicative of the draft

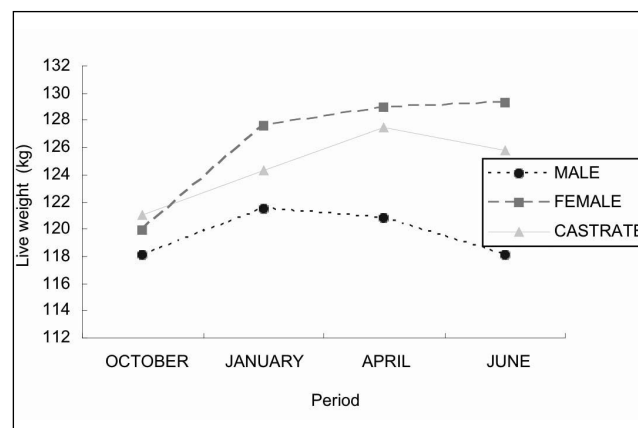


Figure 1: Effect of sex by period on live weight of working donkeys during the dry season.

capacity, body condition on the other hand might be indicative of the animal's nutritional and health status. Consequently, to improve on the draft capacity and endurance of the working donkey will necessitate concurrent improvement in the live weight, body conditions and health status of the donkey. Though the female donkeys showed weight gain from start of the dry season to the beginning of the rainy season,

they presented poor body conditions the greater part of the dry season as indicated by reports by Vall *et al.* (9). This implies the need for various levels of supplementation of the female donkeys as to booster and enhance endurance. Also, the male donkeys presented better body conditions the greater part of the dry season (9) but registered some weight loss before the start of the rainy season. It will also be necessary to supplement these males as soon as weight loss is apparent as to booster and enhance draft capacity for the rainy season work demands. Unpublished results by Ebangi and Vall have shown that supplementation of draft donkeys in the dry season using cotton-seed-cake brings about significant improvement in the live weight and body condition score.

Correlation estimations between live weight and other response variables indicated positive and highly significant ($P < 0.001$) values of 0.81, 0.74, 0.52, 0.81, 0.39 and 0.42 between LW and HG; LW and TL; LW and HW; LW and BL; LW and HG: HW and LW and TL:HW, respectively. Pearson and Quassat (5) have also reported the strong relationship between live weight and body dimensions of working donkeys. The correlation between height-at-withers and live weight (0.52) was lowest compared to 0.80 between LW and HG; 0.71 between LW and TL and 0.81 between LW and BL. This might be an indication of the fact that the inherent size of the working donkey is more influenced by HW than would be HG, TL and BL that might be more influenced by environmental conditions. Thus, using the proportions of 1.10 for HG:HW and 1.20 for TL:HW, it can be deduced that the working donkeys in the northern region of Cameroon are shorter than they are long. Consequently, proportions of HG:HW and TL:HW lower than one might be indicative of small body size of the working donkey. Also, the positive and highly significant correlation estimates might be indicative of the indirect influence of the live weight on the said response variables. As a result, an increase in any of these response variables will have a positive impact on the draft capacity of the animal.

From these observations suitability of different supplements as complements to forage and grazing for the castrates would be most profitable if applied as from the end of the HDS (April). This will help to maintain weight again in preparation for the rainy season work that begins in June. For the males, it would be profitable to begin different supplementations at the end (January) of the CDS. Though the trends observed in female donkeys indicate weight gain from start of the dry season to the start of the rainy season, there is need to introduce different supplements, especially to female donkeys that show signs of poor body conditions (low BCS) and signs of anemia (low PCV) as recommended by Vall *et al.* (9).

Conclusion

The live weight (LW), heart girth (HG), trunk length (TL), body length (BL) and height-at-withers (HW) of working donkeys are affected by the variability and length of the dry season. The male donkeys show weight gain from start of the CDS to the end of HDS and thereafter express weight loss up to the start of the rainy season. Consequently, there is need to supplement males as from the beginning of the HDS (January) and castrates as from the month of April in order to reinforce thereafter, and maintain significant weight increases in anticipation of the high draft power demands of the following rainy season. Female donkeys maintain weight gain through out the dry season, but generally are poor bodied. There is therefore need for supplementation of poor bodied females as to booster and enhance endurance. Phenotypic correlations between LW and body dimensions are positive and highly significant. As a result, estimates of HG, TL, BL, HW, HG:HW and TL: HW could useful indicators for the selection of working donkeys as to optimize draft capacity and endurance for rainy season work demands.

Acknowledgement

The realization of the work was successful thanks to funds from the *Projet de Développement du Paysannat et de Gestion de Terroirs* (PGDT) of SODECOTON, Cameroon and the French government through FAC.

Literature

1. Ebangi L. & Vall E., 1998, Phenotypic characterization of draft donkeys within the Sudano-sahelian zone of Cameroon. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 51, 327-334.
2. Jones P.A., 1991, Training course manual on the use of donkeys in agricultural engineering, Borrowdale, Harare, Zimbabwe. 81 p.
3. Mpane R., 1992, Donkey power for appropriate mechanization and transport for women in Zambezi Valley, Zimbabwe. *In: Proc. First Workshop of Animal Traction Network for East and South Africa (ATNESA), Improving Animal Traction Technology*, Lusaka, Zambia, Jan. 18-23, 1992, 475 p.
4. Nengomasha E.M., Jele N. & Pearson R.A., 1997, Improving donkey utilization and management proceedings. *In: Starkey P.H., Mueller P.J., Eds., Donkey Powers Benefits Reader Volume 2*. DGIS, The Netherlands, p. 74-80.
5. Pearson R.A. & Quassat M., 1996, Estimation of live weight and body condition score of working donkeys in Morocco. *Vet. Rec.* 133, 229-233.
6. Rouspard M., 1984, Le point sur la culture attelée et la motorisation au Cameroun. *Cah. ORSTOM, Ser. Sci. Hum.* Vol. XX, N° 3 - 4, 620.
7. Statistical Analysis Systems, 1991, SAS/STAT Guide for personal computer vers. 6.03. Cary, NC, USA, SAS Institute.
8. Tembo S., 1989, Draught animal power research in Zimbabwe: current constraints and research opportunities. *In: Hoffman J., Nari J., Petheram R.J. Eds., Draught animal in rural development*. Canberra, Australia, p. 61-68. (ACIAR proceedings 27).
9. Vall E., Ebangi A.L. & Abakar O., 2001, Mise au point d'une grille de notation de l'état corporel des ânes de traits au nord Cameroun. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 54, 3-4, 255-262.
10. Vall E., 1996, Capacités de travail, comportement à l'effort et réponses physiologiques de zébu, de l'âne et du cheval au nord Cameroun. Thèse Doct., ENSAM, Montpellier, France, 418 p.

A.L. Ebangi, Cameroonian, BSc, MSc, PhD Animal Breeding and Genetics, Senior Research Officer (Maître de Recherche), Regional Centre of the Agricultural Research for Development, Wakwa, PO Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

E. Vall, French, Agronome, Docteur en agronomie, Chercheur CIRAD-EMVT, Campus international de Baillarguet, 30398 Montpellier Cedex 5, France.

Variations des apports de litière et d'éléments minéraux dans les plantations de limba (*Terminalia superba*) au Congo

J. Goma-Tchimbakala*, Mireille Ndongou-Hockemba, A. Kokolo & A.N.S. Mboussou-Kimbangou

Keywords: Plantation- *Terminalia superba*- Litter- Nutrient- Nutrition index- Congo

Résumé

Une étude a été menée sur les variations des apports de litière et d'éléments minéraux dans une chronoséquence de *Terminalia superba* (7, 12 et 48 ans) et une forêt naturelle. Les résultats montrent que les pics des apports de litière ont lieu en saison de pluies contrairement à la plupart des formations forestières de la zone tropicale humide. Les apports d'éléments minéraux au sol par les litières sont toujours supérieurs en plantation qu'en forêt naturelle. Les quantités de calcium apportées sont très élevées, jusqu'à 175 kg/ha/an. Les valeurs observées indiquent une efficacité modérée d'utilisation des éléments minéraux par les *Terminalia superba*.

Summary

Variations in Litter Production and Nutrient Supply in Plantations of Limba (*Terminalia superba*) in Congo

A study was carried out in a chronosequence of *Terminalia superba* (7, 12 and 48 years) and a nearby natural forest. The results show that the peaks of litterfall take place in rainy season contrary to the majority of the forest formations of the humid tropical zone. The return of nutrients to the soil via the leaf litter is higher in plantations than in forest. The calcium released from the leaf litter was up to 175 kg.ha⁻¹.year⁻¹. The values obtained indicate a moderate nutrient use efficiency by *Terminalia superba*.

Introduction

Les arbres jouent un rôle important dans l'augmentation de la productivité d'un site, à travers les changements écologiques et physico-chimiques qu'ils induisent dans le sol (23). Les quantités de matière organique et d'éléments minéraux qui retournent au sol par l'intermédiaire des litières, font partie des principaux facteurs du fonctionnement des écosystèmes forestiers. L'accumulation des résidus organiques sur le sol contribue à la formation de l'humus. Celui-ci est caractéristique de chaque écosystème et représente le stock d'éléments qui se libèrent au fur et à mesure garantissant un apport permanent de nutriments au sol (7). Lorsque l'estimation de la production de litière est combinée avec d'autres mesures telles que la biomasse, la litière au sol et les flux, on obtient des informations sur la productivité, la décomposition et le cycle des éléments dans l'écosystème. En plus, les analyses des teneurs des éléments dans les retombées de litière peuvent donner des indications sur les nutriments limitant et l'efficacité de leur utilisation par les plantes de la forêt (28, 29). De nombreux auteurs ont montré que la chute de litière est sous la dépendance des facteurs climatiques (13, 15, 17, 24).

Le potentiel des espèces d'arbres de forêt à réhabiliter des sols dégradés à long terme peut s'observer à

travers leurs impacts sur les paramètres de la fertilité du sol tels que la matière organique et les cations. Dans d'autres cas, leurs effets ne deviennent visibles qu'après des études détaillées par exemple de la décomposition de la litière ou de la minéralisation de l'azote (14). L'efficacité d'utilisation des nutriments (NUE) ou index de nutrition est un moyen rapide d'intégrer les résultats et d'estimation de cet impact (14, 18, 27).

Le but de cette étude est d'évaluer les apports d'éléments minéraux au sol à travers la production et la décomposition de la litière et de suivre leur évolution jusqu'à l'âge d'exploitabilité des *Terminalia superba*, fixé entre 46 et 48 ans. Au cours de l'étude sera testée l'hypothèse d'un retour vers les caractéristiques de la forêt naturelle. Les résultats obtenus pourraient constituer une base de connaissances pour les projets de gestion durable des flux d'éléments minéraux et des sols en plantation.

Matériel et méthodes

Description des sites

Les sites sont situés dans la localité de Bilala (Mayombe) à 80 km de Pointe-Noire. Les coordonnées géographiques de cette zone sont 4 °31 S de latitude,

12 °4 E de longitude et 30 m d'altitude. La moyenne annuelle des précipitations est de 1500 mm, la température moyenne atteint 18 °C en saison sèche et 26 °C en saison de pluies. L'humidité relative est toujours autour de 85% (6). Les sols sont ferralitiques désaturés à fortement désaturés (9). La végétation d'origine est une forêt à légumineuses dont l'étage dominant est occupé par *Gilletiodendron pierreanum* et *Cynometra lujae*.

Les plantations de *Terminalia superba* étudiées appartiennent au Service National de Reboisement. Le travail est effectué dans une chronoséquence d'âge de 7, 12 et 48 ans et une forêt voisine, dont l'étage supérieur est occupé par *Gilletiodendron pierreanum* et *Cynometra lujae*, est prise comme référentiel.

Les plantations ont été mises en place après destruction totale de la forêt préexistante et brûlis des abatis et du sous-bois herbacé en saison sèche. Les plants sont placés à écartement définitif de 10 m x 10 m (12, 27). Les entretiens ont lieu les six premières années pour éliminer le sous-bois le plus gênant. Chaque plantation a une superficie de trois hectares.

Méthodes

Les retombées de litière

Dans chaque site, dix collecteurs de litières de 1 m² ont été installés au hasard. Les collecteurs sont constitués par un cadre en bambou dont le fond est fermé par un ensemble de lames tressées en natte. La récolte de la litière piégée s'effectue toutes les deux semaines. Cette méthode de récolte est conforme à celle employée par de nombreux auteurs (2, 21).

La litière a été séchée à l'air puis à l'étuve à 65 °C pendant 72 heures avant la détermination du poids de la matière sèche.

Les apports d'éléments biogènes au sol par les litières feuilles

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de l'IRD de Pointe-Noire sur des litières séchées à l'air et réduite en poudre. Le matériel végétal broyé est minéralisé à l'aide de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur. Le dosage de l'azote se fait ensuite par distillation selon la méthode de Kjeldhal (4). Le phosphore est dosé par

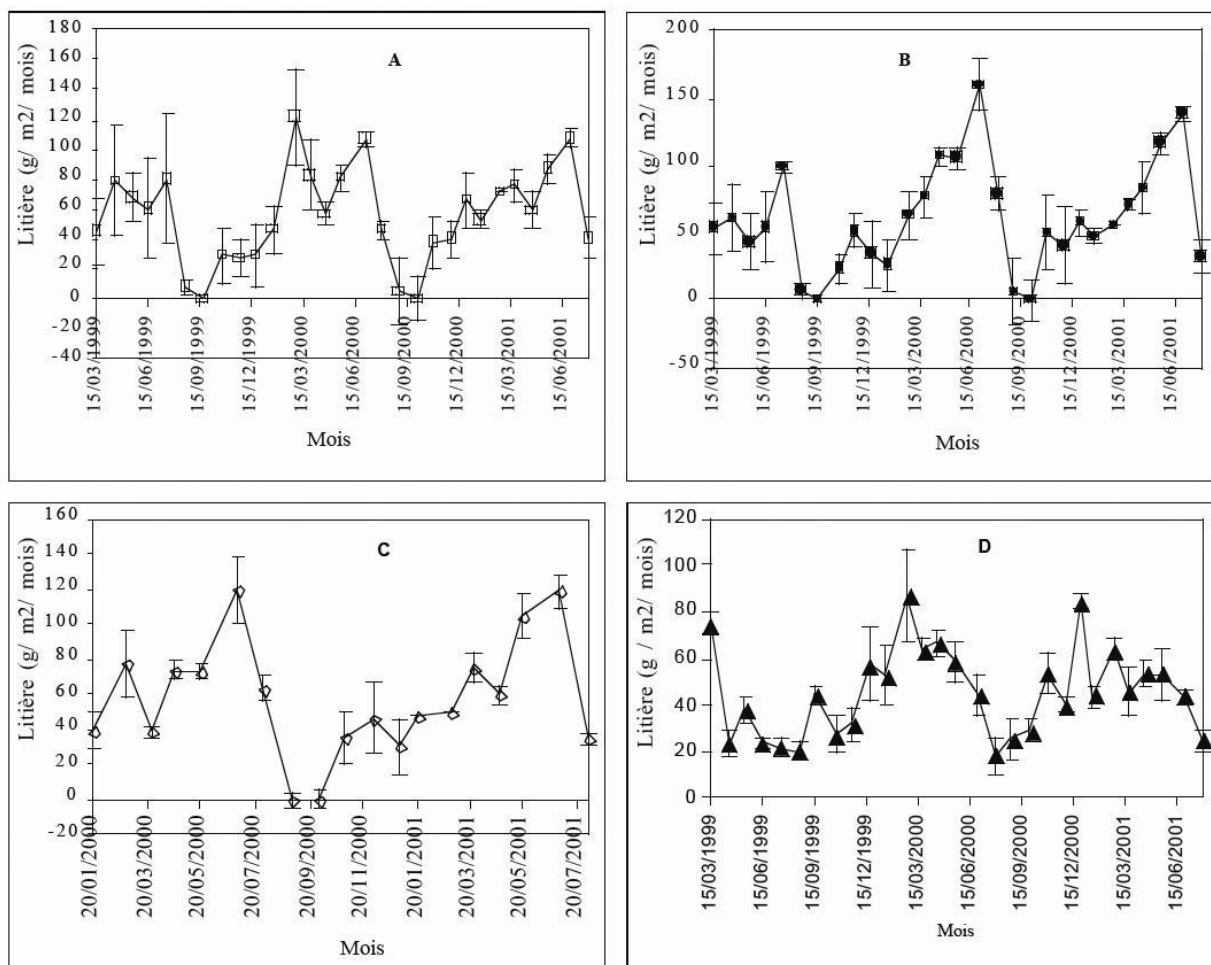


Figure 1 : Apport mensuel de litière feuille au sol.

A- plantation de *Terminalia superba* 7 ans; B- plantation de *Terminalia superba* 12 ans;
C- plantation de *Terminalia superba* 48 ans; D- Forêt naturelle

la méthode colorimétrique en présence de bleu de molybdène. Le calcium, le potassium et le magnésium sont dosés soit au spectrophotomètre atomique soit au spectrophotomètre à flamme.

Efficiencia d'utilisation des nutriments (NUE)

L'efficiencia d'utilisation des nutriments, ou Nutrient-Use Efficiency (NUE), est généralement définie comme la quantité de biomasse produite par unité de nutriment absorbé (14, 29). Puisque les mesures directes de l'absorption ne sont habituellement pas effectuées dans les parcelles d'arbres matures, on emploie alors à la place l'apport d'éléments minéraux par les chutes des litières feuilles (M_{Lf}) comme estimation de l'absorption annuelle des nutriments (14). La production est assimilée à la chute totale de litière par an.

$$NUE = PT / M_{Lf}$$

Avec NUE efficiencia d'utilisation des nutriments, PT matière sèche totale (litière feuilles et tiges) apportée au sol par an, M_{Lf} apport d'éléments minéraux par les chutes de litières feuilles (14, 19, 28).

Résultats

Chute de litière

Les récoltes ont été effectuées pendant vingt-neuf mois entre mars 1999 et juillet 2001 sauf dans la plantation de *Terminalia superba* de 48 ans où elles ont débuté en janvier 2000.

Le *Terminalia superba* est une espèce caducifoliée qui perd toutes ses feuilles en deux ou trois mois pendant la saison sèche. Dans les plantations, une réitération apparaît dans la chute des litières. Le maximum de retombées de litière a lieu entre le mois de mars et le mois de juillet. La production de litière est nulle ou très faible pendant les mois d'août et de septembre. Les quantités de litières récoltées sont faibles entre le mois d'octobre et le mois de février (Figure 1 a, b, c). En forêt naturelle la chute des feuilles s'étale le long de l'année avec des pics qui se situent aux mois de novembre-décembre et mars-avril pendant la saison pluvieuse (Figure 1 d).

Les chutes de feuilles ne sont pas importantes pendant la saison sèche. La production moyenne annuelle de

Tableau 1
Apport annuel de litière au sol dans les plantations de *Terminalia superba* et en forêt naturelle (kg/ ha/ an)

	<i>Terminalia superba</i>			Forêt
	7 ans	12 ans	48 ans	naturelle
Moyenne	6800	7100	7160	6640
écarts type	320	350	310	220

litière est plus élevée dans les plantations qu'en forêt naturelle (Tableau 1)

Teneurs en éléments minéraux des litières

Les teneurs moyennes en éléments minéraux des litières sont mentionnées dans le tableau 2. La litière de forêt naturelle est plus riche en azote que celle de *Terminalia superba* où le taux varie entre 1,3 et 1,39%. Le taux de phosphore est compris entre 0,059 dans les litières de forêt naturelle et 0,09% dans celles de la plantation *Terminalia* de 7 ans. Le taux de potassium (0,44%) est faible dans les litières de forêt naturelle par rapport à celui des *Terminalia superba* (entre 0,55 et 0,77%). La teneur la plus élevée est enregistrée dans le *Terminalia* de 7 ans. La concentration de calcium varie entre 2,6 et 2,9% dans les litières de *Terminalia superba*. Par contre la litière de forêt a un taux plus faible (1,8%). Les litières de la plantation mature 48 ans et de la forêt sont moins riches en magnésium que les plantations jeunes de 7 et 12 ans.

D'une manière générale, sauf pour l'azote, les teneurs en éléments minéraux ont tendance à diminuer avec le vieillissement des plantations (Tableau 2).

Apport d'éléments minéraux au sol par les litières

Les quantités totales d'éléments minéraux restitués annuellement au sol varient selon les litières et l'âge de la plantation ($p < 0,001$). Les apports de l'année 2000-2001 ont été supérieurs à ceux de l'année 1999-2000 (Tableau 3). L'ANOVA montre que les apports d'éléments minéraux sont significativement plus élevés dans les plantations que dans la forêt naturelle ($p < 0,001$). Les moyennes annuelles des apports en azote et en phosphore sont équivalentes dans les plantations de *Terminalia superba* (12 et 48 ans). Ces apports sont supérieurs à ceux enregistrés

Tableau 2
Teneurs moyennes en éléments minéraux des litières feuilles en pourcentage du poids de matière sèche

Formation forestière	Age ans	Eléments minéraux				
		N	P	K	Ca	P
<i>Terminalia superba</i>	7	1,35	0,09	0,77	2,85	0,69
<i>Terminalia superba</i>	12	1,37	0,067	0,62	2,70	0,76
<i>Terminalia superba</i>	48	1,39	0,067	0,55	2,60	0,50
Forêt naturelle	-	1,57	0,059	0,44	1,80	0,50

Tableau 3

**Variations interannuelles des apports d'éléments minéraux au sol par les litières feuilles
de *Terminalia superba* et de forêt naturelle (kg/ha/an)**

Année	Formation forestière	Age ans	Eléments minéraux				
			N	P	K	Ca	Mg
1999-2000	<i>Terminalia superba</i>	7	80	5,03	45	168,0	41,0
	<i>Terminalia superba</i>	12	70	3,4	32	138,0	39,0
	<i>Terminalia superba</i>	48	-	-	-	-	-
	Forêt naturelle	-	79	3	22	90,0	25,0
2000-2001	<i>Terminalia superba</i>	7	86	5,8	49	182,0	44,0
	<i>Terminalia superba</i>	12	107	5,2	48	211,0	59,0
	<i>Terminalia superba</i>	48	89	4,3	35	166,0	32,0
	Forêt naturelle	-	93	3,5	26	106,0	30,0
Moyenne	<i>Terminalia superba</i>	7	83	5,5	47	175,0	42,0
	<i>Terminalia superba</i>	12	88	4,3	40	174,0	49,0
	<i>Terminalia superba</i>	48	89	4,3	35	166,0	32,0
	Forêt naturelle	-	86	3,2	24	98,0	27,0

Tableau 4

**Comparaison des apports au sol d'éléments minéraux majeurs (moyenne annuelle, kg/ha/an) par les litières feuilles
des formations forestières tropicales**

Formation forestière	Litière feuille	Eléments minéraux					Age ans	Pays	Auteurs
		N	P	K	Ca	Mg			
Plantations									
<i>Terminalia ivorensis</i>	7170	112,0	8,5	42,0	130,0	35,0	-	Côte d'Ivoire	Bernhard-Reversat, 1976
<i>Eucalytus diversicolor</i>	3540	16,3	0,6	6,8	29,1	7,6	40	Australie	O'Connell et Ménage, 1982
<i>Terminalia superba</i>	4037	76,0	40,0	31,0	90,0	10,0	-	Nigeria	Ola-Adams et Egunjobi, 1992
<i>Pinus kesiya</i>	7102	61,3	2,8	18,2	22,5	5,6	14	Cameroun	Njoukam <i>et al.</i> , 1999
<i>Pinus kesiya</i>	7241	62,6	2,6	21,6	26,8	7,8	36	Cameroun	Njoukam <i>et al.</i> , 1999
<i>Shorea robusta</i>	-	72,3	4,7	23,2	83,1	12,6	67	Inde	Samra et Raizada, 2002
<i>Tectona grandis</i>	-	45,6	2,3	27,1	62,8	8,4	67	Inde	Samra et Raizada, 2002
<i>Terminalia superba</i>	6150	83,0	5,5	47,4	175,3	42,4	7	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
<i>Terminalia superba</i>	6450	88,4	4,3	40,0	174,2	49,0	12	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
<i>Terminalia superba</i>	6400	89,0	4,3	35,2	166,4	32,0	48	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
Forêt tropicale	7430	112,0	13,3	80,0	105,0	85,0	-	Côte d'Ivoire	Bernhard-Reversat, 1976
Forêt tropicale pluvieuse	7300	84,0	2,7	11,0	230,0	25,0	-	Sarawak	Proctor <i>et al.</i> , 1983
Forêt à Dipterocarpus	5400	51,0	0,6	24,0	8,1	5,8	-	Sarawak	Proctor <i>et al.</i> , 1983
Forêt tropicale (100 m)	7600	110,0	4,1	15,0	63,0	13,0	-	Costa Rica	Heaney et Proctor, 1989
Forêt tropicale (2000 m)	4800	43,0	2,6	11,0	53,0	9,1	-	Costa Rica	Heaney et Proctor, 1989
Forêt tropicale	5200	37,0	2,6	11,0	40,0	16,0	-	Venezuela	Medina et Cuevas, 1989
Forêt mixte sur oxisol	6500	105,0	2,1	16,0	11,0	5,0	-	Venezuela	Medina et Cuevas, 1989
Forêt tropicale humide	-	11,0	1,9	12,6	22,4	2,9	-	Cameroun	Songwe <i>et al.</i> , 1997
Forêt tropicale humide	5450	85,6	3,2	24,0	98,1	27,3	-	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*

* Présent travail

en forêt et en plantation de *Terminalia superba* de 7 ans ($p < 0,001$). Les quantités moyennes annuelles de potassium, calcium et de magnésium, apportées au sol diminuent avec l'augmentation de l'âge des *Terminalia superba* ($p < 0,001$, Tableau 3).

Efficiences d'utilisation des nutriments

Nous avons utilisé les données des apports d'éléments minéraux du tableau 4 et les valeurs des chutes annuelles de litière rapportées par les mêmes auteurs pour calculer les NUE ou index de nutrition portés dans le tableau 5. Ceci nous a permis d'avoir une base de comparaison entre nos plantations et d'autres formations forestières tropicales. Les *Terminalia superba* présentent des NUE élevés pour le phosphore, le potassium et le magnésium, et des index plus faibles pour le calcium et l'azote. Des observations identiques ont été faites dans la forêt naturelle avec les mêmes tendances.

L'efficacité d'utilisation de l'azote est similaire pour toutes les formations étudiées (Tableau 5). Les plantes de la forêt utilisent de manière plus efficace le phosphore que les *Terminalia superba* en plantation. La NUE du potassium est légèrement plus élevée en forêt naturelle qu'en plantation (Tableau 5). La plantation mature et la forêt ont la même efficacité dans l'utilisation du magnésium.

Discussion

Dans la plupart des études sur les forêts tropicales, la production de litière présente des pics qui ont lieu

en général en saison sèche. De nombreux facteurs peuvent être pris en compte pour expliquer ce phénomène. Selon plusieurs études le stress hydrique détermine les pics de production de litière de la période sèche en zone tropicale humide (15, 16, 24), la faible disponibilité des nutriments dans le sol (10) et aussi le rapport entre le nombre d'espèces décidues et semi-décidues dans la forêt (30). Plusieurs auteurs (8, 16) indiquent une corrélation positive entre la production de litière et la pluviométrie. Les travaux d'autres auteurs (3, 15, 17, 21) rapportent des pics de production qui ont lieu pendant la période pluvieuse. Nous avons aussi constaté qu'en forêt naturelle, la chute a lieu toute l'année avec des pics en saison de pluies en novembre-décembre et février-avril. Cette inversion du phénomène par rapport à la plupart des forêts tropicales, s'expliquerait selon Schwartz (21) qui observe la même chose, par les caractéristiques de la saison sèche dans le Mayombe, fraîche et peu ensoleillée avec une humidité plus élevée qu'en saison de pluie, autour de 85%. L'évapotranspiration est alors très réduite et le besoin de diminuer la surface transpirante moins impératif.

Les données disponibles sur les plantations forestières d'arbres décidus montrent que la chute maximale de litière a lieu en saison sèche au moment où le stress hydrique est fort (24, 25, 26). Dans le Mayombe, la chute maximale des litières de *Terminalia superba* a lieu à la fin de la saison de pluies et en début de saison sèche. Selon Moore, cité par Sundarapandia

Tableau 5

Comparaison de l'efficacité d'utilisation des éléments minéraux de différentes formations forestières tropicales

Formation forestière	Efficience d'utilisation des éléments minéraux					Age ans	Pays	Auteurs
	N	P	K	Ca	Mg			
Plantations								
<i>Terminalia ivorensis</i>	74	975	197	64	237	-	Côte d'Ivoire	Bernhard-Reversat, 1976
<i>Eucalytus diversicolor</i>	580	16875	1390	325	1243	40	Australie	O'Connell et Ménage, 1982
<i>Terminalia superba</i>	55	104	1391	46	415	-	Nigeria	Ola-Adams et Egunjobi, 1992
<i>Pinus kesiya</i>	135	2962	1392	369	1468	14	Cameroun	Njoukam <i>et al.</i> , 1999
<i>Pinus kesiya</i>	158	3843	1393	369	1236	36	Cameroun	Njoukam <i>et al.</i> , 1999
<i>Terminalia superba</i>	82	1230	1394	39	160	7	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
<i>Terminalia superba</i>	80	1647	1395	41	145	12	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
<i>Terminalia superba</i>	80	1673	1396	43	224	48	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*
			1397					
Forêt tropicale	82	691	1398	88	108	-	Côte d'Ivoire	Bernhard-Reversat, 1976
Forêt à Dipterocarpus	173	15714	1399	1086	1517	-	Sarawak	Proctor <i>et al.</i> , 1983
Forêt tropicale (100 m)	82	2195	1400	143	692	-	Costa Rica	Heaney et Proctor, 1989
Forêt tropicale (2000 m)	110	2640	1401	165	660	-	Costa Rica	Heaney et Proctor, 1989
Forêt tropicale	192	2731	1402	178	444	-	Venezuela	Medina et Cuevas, 1989
Forêt mixte sur oxisol	90	4476	1403	855	1880	-	Venezuela	Medina et Cuevas, 1989
Forêt tropicale humide	78	2068	1404	68	244	-	Congo	Goma-Tchimbakala <i>et al.</i> , 2003*

* Présent travail

(26), le stress hydrique favorise la synthèse de l'acide abscissique dans le feuillage qui à son tour induit la sénescence des feuilles et des autres organes.

Les feuilles constituent la plus grande partie de la production totale de litière comme l'ont constaté d'autres auteurs (4, 12, 15).

Les concentrations en éléments minéraux des litières feuilles de *Terminalia superba* sont dans l'ordre des grandeurs données pour cette espèce (16, 25). Les variations observées sont liées au degré de développement de la plante, la période de l'année et peut être les caractéristiques édaphiques de chaque site. Il a en effet été montré que les caractéristiques du site pouvaient influencer la production de litière et aussi les teneurs en éléments minéraux (25, 29). Des études ont rapporté des taux de retranslocation de près de 50% pour l'azote, le phosphore et le potassium (25). Le calcium et le magnésium semblent au contraire soumis à une forte récréation. Ceci pourrait expliquer à la fois la faiblesse des teneurs dans les feuilles pour les premiers éléments et les fortes concentrations pour les deux derniers. Par contre en forêt, les concentrations en éléments minéraux dans les litières feuilles sont comparables aux autres forêts tropicales. Les taux d'azote des litières de forêt naturelle sont plus élevés que celui des *Terminalia superba* ce qui pourrait se traduire par une moins bonne décomposition en plantation qu'en forêt.

Ces teneurs associées à la production totale annuelle de litière expliquent en grande partie les différences observées au niveau des quantités d'éléments minéraux apportés annuellement au sol dans chaque site. Dans notre étude, les apports en azote sont élevés en comparaison avec les résultats obtenus au Nigeria et au Cameroun pour la même espèce (16, 25) et dans d'autres plantations de zones tropicales humides (Tableau 4). Par contre, ces apports d'azote sont inférieurs à ceux enregistrés pour *Terminalia ivorensis* en Côte d'Ivoire (1). Nous remarquons aussi que les *Terminalia superba* se caractérisent par un apport important de calcium supérieur aux quantités données pour les plantations et les forêts tropicales humides (Tableau 4) sauf pour la plantation d'*Eucalyptus tereticornis* en Inde et la forêt pluvieuse sur sol calcaire de Sarawak (17, 18). Ces grandes contributions au calcium du sol pourraient avoir un effet bénéfique sur le fonctionnement des sols en atténuant l'acidité, en augmentant la capacité d'échange et l'activité de la microflore. En comparant les données du tableau 4, il apparaît que les *Terminalia superba* sont plus riches en calcium que la plupart des litières des autres plantations et des forêts tropicales à l'exception des résultats obtenus dans les formations forestières de Côte-d'Ivoire (1).

Les valeurs observées indiquent globalement une efficacité modérée d'utilisation des éléments minéraux. Des valeurs de 130 sont généralement

trouvées pour l'efficacité d'utilisation de l'azote par les arbres des forêts tropicales (29). Cette valeur est plus élevée que celles que nous avons obtenues pour les plantations de *Terminalia* et une forêt du Mayombe. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus dans une forêt décidue en Inde (22) et à la plupart des plantations et des forêts tropicales mentionnées (Tableau 5). Santa Regina *et al.* (20) ont montré que *C. sativa* conserve les éléments minéraux dans les parties pérennes en abaissant sa demande en nutriments et l'allocation au feuillage pour la production de chaque unité de matière sèche. Cette stratégie est combinée à une réduction des pertes par les retombées de litière. Dans les écosystèmes forestiers, les plantes maximisent l'efficacité d'utilisation des nutriments dans les sols pauvres en réduisant les pertes par un accroissement de la longévité des tissus et non à travers une augmentation de la résorption des éléments (28). Selon ce même auteur (28), plus l'efficacité d'utilisation des nutriments est élevée plus le nombre de molécules nécessaires à la production d'une unité de matière sèche est faible. La demande de la plante vis-à-vis de la fertilité du sol est réduite, la conséquence est une meilleure adaptation sur les sols pauvres en nutriments. Les résultats que nous avons obtenus montrent que les *Terminalia superba* ont une efficacité faible d'utilisation des nutriments. Ces résultats suggèrent que les *Terminalia superba* pourraient avoir une croissance normale sur des sols relativement pauvres en nutriments. Les plantations de *Terminalia* étudiées sont par ailleurs établies sur un sol ferrallitique désaturé. Ceci confirme sa capacité d'adaptation sur des sols pauvres en nutriments. Ils peuvent constituer une bonne alternative pour la reforestation des sites dégradés, des friches agricoles. Nous avons remarqué une tendance à l'accumulation de la matière organique et de l'azote dans le sol de surface sous les *Terminalia superba* par rapport à la forêt naturelle. En dépit de ces constatations, l'efficacité d'utilisation des éléments minéraux seule ne peut suffire à comprendre la circulation de l'azote au cours du fonctionnement des plantations des *Terminalia superba*. En effet, dans les régions tropicales les nutriments sont considérés comme facteurs critiques de la productivité alors que dans les régions sèches c'est l'eau qui limite l'efficacité d'utilisation des nutriments (14).

Conclusion

Les résultats obtenus, malgré le nombre restreint de parcelles étudiées pour chaque âge et la complexité des échanges sol - plantes, montrent des différences entre la forêt naturelle et le système forestier artificiel qu'est la plantation. La production de litière est maximale en fin de saison de pluies dans les plantations

correspondant au déterminisme du stress hydrique tandis qu'en forêt la production de litière maximale a lieu en saison de pluies. Les apports d'éléments plus importants en plantation répondent à la vigoureuse croissance des *Terminalia superba*.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au financement octroyé à Monsieur J. Goma-Tchimbakala par la Fondation Internationale pour la Science.

Références bibliographiques

- Bernhard-Reversat F., 1976, Essai de comparaison des cycles d'éléments minéraux dans les plantations de Framiré (*Terminalia ivorensis*) et en forêt naturelle de Côte d'Ivoire. Bois et Forêt des Tropiques, 187, 25-37.
- Bernhard-Reversat F., 1993, Dynamics of litter and organic matter at the soil-litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferrallitic soils (Congo). Acta Ecologica 14, 179-195.
- Brassell H.M., Unwin G.L. & Stocker G.C., 1980, The quantity, temporal distribution and mineral element content of litterfall in two forest types at two sites in tropical Australia. Journal of Applied Ecology, 7, 603-608.
- Bremner J.M. & Mulvaney C.S., 1982, nitrogen-total. In: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. American society of Agronomy, Madison, WI, 595-641.
- Bubb K.A., XU Z.H., Simpson J.A. & Saffigna P.G., 1998, Some nutrient dynamics associated with litterfall and litter decomposition in Hopp pine plantation of Southeast Queensland, Australia. Forest Ecology and Management, 110, 343-352.
- Clairac B., Cros B. & Sénéchal J., 1989, Le climat du Mayombe. Revue des Connaissances sur le Mayombe. PNUD/UNESCO, 47-68.
- Cuevas E., Brown S., & Lugo A.E., 1991, Above and belowground organic matter storage and production in a tropical pine plantation and a paired broadleaf secondary forest. Plant and Soil, 135, 257-268.
- Dommergues Y., 1963., Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales. Bois et Forêt des Tropiques, 87, 10-25.
- Jamet R. & Rieffel J.M., 1976, Carte pédologique du Congo au 1/200 000. Feuille Pointe-Noire Loubomo. Notice explicative n° 65. Paris, France, ORSTOM, 167 p.
- Jordan C.F., 1983, Productivity of tropical rain forest ecosystems and the implication for their use as future wood and energy sources. In: Golley, F.B. (eds). Tropical rain forests ecosystems-structure and function. Elsevier Scientific Publishing Company, Oxford, 117-136.
- Koyo J.P., 1987, Influences des conditions édaphiques sur la croissance du *Terminalia superba* au Mayombe (Congo). In: Facteurs et conditions du maintien de la fertilité du milieu tropical humide. Séminaire International de Pointe-Noire, Congo, du 9 au 21 mars 1987. UNESCO-PNUD-AUPELF, 169-173.
- Lugo A.E., Wang D. & Bormann F.H., 1990, A comparative analysis of biomass production in five tropical tree species. Forest Ecology and Management, 31, 153-166.
- Meentemeyer V., 1982, World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. Bioscience, 32, 125-128.
- Montagini F., 2002, Tropical plantations with native trees: their function in ecosystem restoration. In: Mallapureddi Vikram Reddy Ed. Management of Tropical plantation-forest and their soil-litter system, 73-94.
- Morelato P.L., 1992, Nutrient cycling in two South-east Brazilian forest. I. Litterfall and litter standing crop. Journal of Tropical Ecology, 8, 205-215.
- Ola-Adams B.A. & Egunjobi J.K., 1992, Effects of spacing on litterfall and nutrient contents in stands of *Tectona grandis* Linn. F. and *Terminalia superba* Engler et Diels. Afr. J. Ecol. 30, 18-32.
- Proctor J., Anderson J.M., Fogden S.C.L. & Wallack H.W., 1983, Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. Journal of Ecology, 71, 261-283.
- Samra J.S. & Raizada A., 2002, Litter production and nutrient dynamics in tropical forest plantations of India. In: Mallapureddi Vikram Reddy Ed. Management of Tropical plantation- Forest and their Soil-Litter System, 41-71.
- Santa Regina I. & Tarazona T., 2001, Nutrient cycling in a natural beech forest and adjacent planted pine in northern Spain. Forestry, 74, 1, 11-28.
- Santa Regina I., Leonardi S. & Rapp M., 2001, Foliar nutrient dynamics and nutrient-use efficiency in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. Forestry, 74, 1, 1-10.
- Schwartz D., 1993, Les retombées de litière en tant que source de carbone et de l'azote du sol. Quantification et périodicité des apports en relation avec les caractéristiques climatiques et édaphiques dans deux parcelles de forêt dense à Dimonika (Mayombe, Congo). Echanges Forêt-Atmosphère en milieu tropical humide. PNUD/UNESCO, 141-157.
- Singh K.P., 1989, Mineral nutrient in tropical dry deciduous forest and savanna ecosystems. In: Proctor J. (Eds): mineral nutrients in tropical forest and savanna. Ecosystems, 9, 153-168.
- Singh G., Singh B., Kuppusamy V. & Bala N., 2002, Variations in foliage and soil nutrient composition in *Acacia tortilis* plantation of different ages in north-western Rajasthan. Indian Forester, 128, 514-521.
- Songwe N.C., Fasehun F.W. & Okali D.U.U., 1988, Litterfall and productivity in a tropical rainforest, southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. Journal of Tropical Ecology, 4, 25-37.
- Songwe N.C., Fasehun F.E. & Okali D.U.U., 1997, Leaf nutrient dynamics of two tree species and litter nutrient content in southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. Journal of Tropical Ecology, 13, 1-15.
- Sundarapandia S.M. & Swamy P.S., 1999, Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests Kodayar in the western Ghats, India. Forest Ecology and Management, 123, 231-234.
- Tariel J. & Groulez J., 1958, Les plantations de limba au Moyen-Congo. Bois et Forêt des Tropiques, 61, 9-25.
- Vitousek P.M., 1982, Nutrient cycling and nutrient efficiency. American Naturalist, 119, 553-572.
- Vitousek P.M., 1984, Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. Ecology, 65, 285-298.
- Vogt K.A., Grier C.C. & Vogt D.J., 1985, Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus wood forests. Advances in Ecological Research, 15, 303-377.

J. Goma-Tchimbakala, Congolais, Doctorat unique, Maître-assistant, Institut de Développement rural, Université Marien Ngouabi.

Mireille Ndongou-Hockemba, Congolaise, Ingénieur des Travaux forestiers, Stagiaire.

A. Kokolo, Congolais, Ingénieur des Travaux forestiers, Stagiaire.

A.N.S. Mboussou Kimbangou, Congolais, Ingénieur des Travaux forestiers, Stagiaire.

LES ACTIONS DE LA DGCD DGDC 'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Etude et utilisation de la diversité végétale pour promouvoir sa gestion durable en République Centrafricaine, Guinée Equatoriale et Cameroun (DIVEAC)*

Promoteur belge: Jean Lejoly, jlejoly@ulb.ac.be
Professeur à l' Université Libre de Bruxelles

Promoteur camerounais: Bonaventure Sonke, bsonke@uycdc.uninet.cm
Professeur à l' Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé 1

Promoteur en Guinée Equatoriale: Ir Crisantos Obama, obama3333@yahoo.es
Chef de l'Herbarium National de Guinée Equatoriale à Bata, Directeur Général d'INDEFOR (Institut National de Développement Forestier et Gestion des Aires Protégées)

Promoteur en République Centrafricaine (RCA): Dr Jean Michel Yangakola,
jyangakola@caramail.com Chef de l'Herbarium National de RCA, Université de Bangui

Contexte

L'Afrique centrale est une des régions du monde où la biodiversité est la moins bien connue en ce début du 21^{ème} siècle. Tout particulièrement en République Centrafricaine (RCA) et en Guinée Equatoriale (GE), pour des raisons historiques et diverses, la connaissance des plantes est restée très faible et jusqu'à présent, les collections d'herbiers de référence y sont nulles ou très réduites. Par contre au Cameroun, il existe une tradition de recherche botanique qui repose sur un herbarium bien fourni avec 40.000 spécimens bien étudiés et facilitant, sur place, une identification correcte des plantes.

Lorsque les botanistes de ces 3 pays - avec lesquels le Laboratoire de Botanique systématique et de phytosociologie de l'Université Libre de Bruxelles était déjà en relation depuis 5 à 10 ans - ont sollicité un renforcement de cette collaboration, l'idée est venue de construire un projet interuniversitaire ciblé (PIC) utilisant l'expertise camerounaise pour participer à la formation et à la recherche botanique en RCA et en GE, tous deux pays voisins du Cameroun et partageant une flore très semblable.

Un projet PIC, d' une durée de 4 ans, fut donc préparé sur cette base en 2000, en collaboration avec le Laboratoire de Foresterie des Régions Tropicales et Subtropicales de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux; il a démarré en avril 2001 et les différentes actions prévues dans le programme ont été réalisées dans les meilleures conditions.

Formation

Tout au long de ce projet, l'accent a été mis sur la formation des botanistes équato-guinéens et centrafricains en poursuivant le double but de leur assurer l'acquisition d'une maîtrise scientifique supplémentaire (via des stages, DEA et thèses) et parallèlement de contribuer à la mise en place dans leurs institutions d'origine de structures de recherche - formation - développement qui leur permettront de poursuivre par la suite leurs activités botaniques de la manière la plus performante possible.

Ainsi, en RCA, l'amélioration de l'enseignement en botanique a pu être réalisée grâce à la création de l'Herbarium National; le gouvernement centrafricain a fourni les locaux pour cet herbarium dès la première année. En 2^{ème} année, le projet a fourni les équipements et les moyens de collecte des échantillons sur le terrain. Dès la 3^{ème} année, l'herbarium était donc fonctionnel. A ce moment les enseignants chercheurs en botanique ont pu développer des outils pédagogiques, toujours avec le soutien logistique du projet:

- édition des syllabus de cours de 1^{er} et 2^{ème} cycles, adaptés à l'analyse de la flore centrafricaine
- mise en place d'un jardin botanique et d'un sentier botanique sur la colline boisée de Mbazabangui à 2 km du Campus Universitaire (avec édition d'un livret guide pour les visiteurs, étudiants ou non).

Simultanément, deux thèses de doctorats ont été réalisées en grande partie aussi avec les moyens logistiques du projet. Il s'agit des premières thèses de doctorat effectuées en RCA dans la discipline de l'écologie de terrain.

*Cette étude a été publiée dans l'Echosud (6), Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), mars 2005, projet PIC, pp.10-16.

Des DEA et travaux de fin d'études de 2^{ème} cycle (maîtrise) ont également été effectués; ils sont garants de la poursuite d'autres thèses dans un futur proche.

De la même façon en Guinée Equatoriale, trois ingénieurs forestiers ont reçu des formations complémentaires en botanique et sont à même d'assurer l'encadrement de stages de terrain pour les botanistes en formation à l'Université Nationale de Guinée Equatoriale à Malabo.

Au Cameroun, deux thèses de troisième cycle ont été réalisées à l'Université de Yaoundé I et vont déboucher prochainement sur des thèses de doctorats.

Recherche

Trois thèmes se sont avérés particulièrement féconds en découvertes originales: les orchidées, l'étude des Rubiacées (famille du café) et la typologie forestière. Chacun de ces thèmes a fait l'objet de plusieurs thèses de doctorats et de nombreuses publications associant souvent des chercheurs de Belgique et d'Afrique Centrale.

Concernant les **orchidées**, une dizaine d'espèces nouvelles pour la science ont été décrites et publiées. De telles découvertes en si peu de temps ont été rendues possible grâce à l'application, pour la première fois en Afrique Centrale, de la méthode de culture en ombrière; des orchidées stériles récoltées sur les arbres, sont mises en cultures dans des abris spéciaux où l'ombrage et l'humidité optimale sont fournis afin de les faire fleurir. A ce moment, il devient possible de les identifier avec précision et de décider si oui ou non elles constituent des espèces nouvelles! De plus, la mise au point de modèles de distribution des orchidées en Afrique Centrale Atlantique a contribué à la mise en évidence d'un refuge forestier important dans le Parc National de Monte Alen (GE); ces résultats contribuent à renforcer l'intérêt scientifique et l'attraction touristique de ce parc.

Les **Rubiacees** constituent la deuxième famille la plus abondante dans les forêts tropicales africaines (après les orchidées); elles sont aussi encore très mal connues; grâce à une prospection sélective dans les zones présumées à haute biodiversité (hot spots), plusieurs espèces nouvelles ont été repérées; ainsi, une 33^{ème} espèce appartenant au genre *Coffea* (le caféier) a été publiée en 2004 sous le nom de *Coffea fotsoana* par le Professeur Sonké. On sait qu'il est essentiel de bien connaître les espèces «sauvages» correspondant aux espèces cultivées pour pouvoir intervenir de manière efficace dans le processus d'amélioration et de recherche de variétés résistantes aux parasites.

La **gestion durable des forêts** est un autre thème prioritaire en Afrique Centrale. La contribution des botanistes à ce niveau se situe dans le domaine de la typologie forestière car un bon système de gestion va varier selon les types forestiers. Deux méthodes nouvelles ont été mises au point ou du moins appliquées pour la première fois en Afrique Centrale dans le cadre de ce projet PIC:

- la méthode de mégatransects; elle consiste à comparer des forêts matures, en situation topographique identique, selon les grands gradients de continentalité et de latitude; cette méthode permet de démontrer la succession et le remplacement des espèces d'arbre émergeant et dominés selon les diverses valeurs du gradient= marqueurs);
- l'application de la phytosociologie synusiale; cette méthode consiste à étudier des synusies (communautés végétales élémentaires d'espèces ayant des stratégies de vie similaires et correspondant dans bien des cas aux diverses strates de la forêt). Les synusies et leur variabilité sont d'abord interprétées de manière indépendante; par la suite, les forêts dans leur ensemble sont décrites comme la résultante de la combinaison des divers types de synusies préalablement analysés.

Retombées

Les herbaria nationaux de Guinée Equatoriale et de RCA et leurs responsables sont de plus en plus sollicités par des nombreuses ONG de développement pour l'identification des plantes utiles soit en médecine traditionnelle soit dans le cadre d'inventaires des produits forestiers non ligneux.

Les ingénieurs forestiers et les botanistes formés par le projet développent des collaborations avec les entreprises forestières et les grandes ONG de conservation de la nature en vue de former les équipes chargées des études de biodiversité nécessaires pour l'écocertification des bois tropicaux.

La concertation Sud-Sud renforcée entre les botanistes des 3 pays (GE, RCA, Cameroun) aboutit à des programmes communs de recherche, de formation et de partage d'expériences pour les méthodes de gestion, de vulgarisation et de recherche de nouveaux contrats. Elle débouche sur des effets multiplicateurs, beaucoup de bailleurs préférant appuyer des équipes régionales.

Pour en savoir plus: <http://www.ulb.ac.be/sciences/bota/> .

Jean Lejoly, jlejoly@ulb.ac.be

Professeur à l' Université Libre de Bruxelles

Développement de méthodes de lutte biologique contre les maladies de conservation des agrumes et des pommes au Maroc*

M.H. Jijakli, Maître de Conférences, Unité de Phytopathologie, Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux.

Les maladies de conservation des fruits occasionnent encore des pertes importantes malgré les moyens de stockage modernes qui sont utilisés. Ces pertes sont dues dans la majorité des cas à des pathogènes d'origine fongique sur pommes et agrumes. Le contrôle de ces maladies de conservation repose encore principalement sur la lutte chimique qui reste globalement satisfaisante en terme d'efficacité. Cependant, l'emploi de cette lutte a entraîné l'apparition de souches résistantes à certaines matières actives ou même familles de fongicides. De plus, au niveau européen, plusieurs des matières actives agréées voient leur utilisation progressivement interdite ou soumise à des conditions d'utilisation plus restrictives.

Le Maroc est le deuxième producteur africain d'agrumes (dont 50% sont destinés à l'exportation) et de pommes. Les fruits produits au Maroc et destinés à l'exportation doivent respecter cette évolution des matières homologuées et leurs conditions plus restrictives d'utilisation. Ce constat explique que les arboriculteurs risquent de rencontrer des problèmes pour lutter efficacement contre les pourritures des fruits en conservation et suscite donc chez ces professionnels un intérêt croissant pour des méthodes alternatives de lutte contre les agents des pourritures des fruits en conservation. L'emploi de ces méthodes permettrait d'offrir une meilleure qualité des fruits (diminution des résidus chimiques) pour un public de plus en plus soucieux de sa santé et de l'impact sur l'environnement des intrants chimiques et donnerait une valeur ajoutée accrue à ces produits pour le marché local et européen. Dans ce contexte, le projet, d'une durée de 4 ans, vise à l'amélioration des techniques de conservation des agrumes et des pommes par le développement de méthodes de lutte biologique (basée sur l'emploi de micro-organismes) contre les maladies de conservation des agrumes et des pommes.

Une approche globale et interdisciplinaire est indispensable pour donner à cette nouvelle méthode de lutte les acquis nécessaires pour son transfert vers une application pratique. Les différentes étapes, allant du concept jusqu'à la commercialisation du produit, font appel à différentes disciplines scientifiques (phytopathologie, microbiologie, écologie, formulation, vulgarisation,...) et à différentes techniques (biologie moléculaire, biochimie, technique de production et de séchage,...). C'est pourquoi le projet, basé dans la région centre nord du Maroc, rassemble les expertises de cinq partenaires marocains [l'Université Moulay Ismail de Meknès (avec le Laboratoire de Biotechnologie et Amélioration des Plantes et le Département Energétique de l'ENSAM), l'INRA de Meknès (Laboratoires de phytopathologie, bactériologie et agro-physiologie), l'INRA de Kénitra (Laboratoire de phytopathologie, laboratoire de biotechnologie-DAP) et la Maison de l'Environnement-Association Atlas-Saïs (spécialisée dans le transfert et la vulgarisation de nouvelles technologies agricoles)].

Le projet bénéficiera également de l'expertise de deux partenaires belges. En effet, l'Unité de Phytopathologie de la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (promoteur du projet) travaille, depuis plus de 12 ans, à la mise au point d'un traitement biologique mettant en œuvre des souches de levures pour lutter contre des maladies de conservation des fruits. Grâce à l'appui financier de la Région Wallonne (DGTRE), de l'ancien Ministère fédéral de l'agriculture, du FNRS et de l'Union européenne, l'Unité a acquis une expertise dans la plupart des étapes nécessaires au développement de la lutte biologique et développé un réseau important de partenaires belges et étrangers. L'Unité de Phytopathologie a également acquis une expérience dans la valorisation industrielle de cette lutte notamment au travers de dépôts de plusieurs brevets et de la création en 2002 d'une Spin off (BIONEXT sprl). Elle mettra cette expérience au service du projet afin d'exploiter et valoriser la biodiversité microbienne du Maroc. L'expertise de l'Unité de Biotechnologie, Section Interfacultaire d'Agronomie de l'ULB, sera également mise à profit pour les étapes de production et de formulation indispensables pour une application à grande échelle de la lutte biologique.

Grâce à la collaboration belgo-marocaine, des résultats sont attendus sur trois niveaux:

1. Les aspects scientifiques et techniques du projet devront aboutir à la sélection de souches efficaces de micro-organismes contre les maladies de conservation des fruits, à leur caractérisation, leur production et formulation, ainsi qu'à la vérification de leur efficacité en conditions pratiques reflétant la situation marocaine.
2. Le volet formation à la recherche permettra le transfert de l'ensemble des techniques acquises par les partenaires belges aux partenaires marocains et ce de façon durable. Quatre thèses doctorales et différents stages seront organisés avec à chaque fois des objectifs précis de formation.
3. Enfin, une phase de vulgarisation de la technique facilitera l'adoption de celle-ci par le milieu professionnel marocain.

Ce projet contribuera donc à l'élaboration d'une filière fruitière marocaine de qualité permettant le maintien, voire l'essor des activités économiques et sociales liées à cette filière.

*Ce projet a fait l'objet d'une publication parue dans l'Echosud (1), Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), novembre 2003.

COURRIER

LEZERSBRIEVEN

LETTERS

CORREO

Monsieur le Rédacteur en Chef,

Fidèle lecteur de votre revue depuis sa création, j'en ai toujours apprécié la qualité des textes et l'ampleur des thèmes couverts dans le cadre du développement rural tropical. Un article paru assez récemment, relu attentivement ces derniers jours, m'incite à vous écrire. Il s'agit de l'article de N'da *et al.* paru dans le n° 22, 4 pp. 168-172 traitant notamment de l'alimentation d'escargots géants africains dont *Achatina fulica*.

Selon les observations rapportées, le régime feuilles + fruits du papayer semble meilleur qu'un régime de feuilles ou qu'un régime de fruits. On s'en serait douté! Mais cela ne signifie pas que le régime combiné est bon! Or on laisse croire qu'on pourrait faire de l'élevage d'*A. fulica* rien qu'avec des produits du papayer additionnés d'un peu de calcaire. Cela n'est ni démontré dans le texte ni étayé par un raisonnement, difficile à imaginer du reste puisque dans la nature d'*A. fulica* est omnivore.

De plus, je suis surpris par l'intérêt manifesté en Afrique de l'Ouest pour l'élevage d'*A. fulica* alors qu'il serait beaucoup plus indiqué de consacrer ses efforts et argent de la recherche à mettre au point des méthodes simples pour éradiquer (si c'est encore possible) tous les spécimens d'*A. fulica*. Cette espèce originaire d'Afrique Orientale a envahi, avec l'aide malheureuse de l'homme, l'Afrique Centrale et de l'Ouest ainsi que l'Asie et plusieurs îles des Antilles et du Pacifique, où elle a été déclarée officiellement «peste pour l'agriculture». Partout elle a attaqué, et parfois éliminé, les espèces locales ce qui lui a valu le nom vernaculaire de «cannibal snail», suffisamment éloquent en français aussi. Il ne faut pas oublier non plus qu'*A. fulica* est connu comme agent transmetteur de l'angyostrongylose de l'homme, souvent mortelle, et identifiée notamment dans diverses îles dont Mayotte et La Réunion.

Je voudrais éviter que des lecteurs de TROPICULTURA soient tentés d'élever *A. fulica* avec une ration aussi simple, et qu'ils contribuent ainsi, même involontairement, à une réduction voire une disparition d'espèces locales ouest-africaines. Il me paraît inconcevable que l'on puisse imaginer une approbation par cette revue d'un quelconque encouragement à élever *A. fulica*.

Merci d'avance, et Bien à vous

Jacques Hardouin

In memoriam



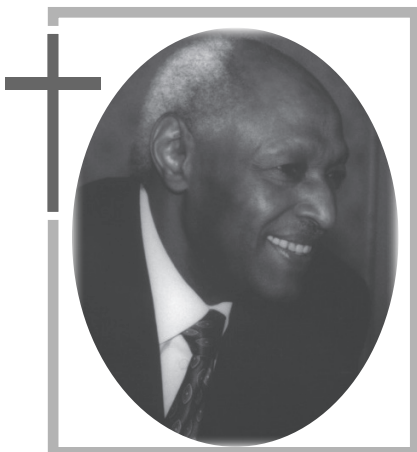
Professor Dr Jos Mortelmans

On 19 February 2005, Professor Jos Mortelmans passed away in Antwerp (Belgium) at the age of 81 years. The one which have known him well are aware of the fact that his career was multifaceted, but emphasized mainly the development of tropical veterinary medicine. He was also the inspirer of Tropicultura and its first President.

In 1949, Jos Mortelmans graduated as Doctor in Veterinary Medicine at the then Veterinary School in Ghent. In 1950, he obtained the diploma of Colonial Veterinary Surgeon at the Prince Leopold Institute of Tropical Medicine in Antwerp. The tropical career of Jos Mortelmans started in 1952 when he went to the former Belgian Congo. During 6 years, he led the veterinary laboratories of Kisenyi, Elisabethville, Stanleyville and Astrida. In 1959, Jos Mortelmans returned to Belgium where he was appointed to the Institute of Tropical Medicine in Antwerp as professor and head of the Veterinary Department. At the same time he became the responsible of the veterinary laboratory of the Zoo of Antwerp and, from 1970 onwards, he was also appointed as professor at the Faculty of Agriculture of the Catholic University of Leuven where he was in charge of the course on infectious and parasitic animal diseases. He retired in 1989.

One of the large merits of Jos Mortelmans is that he developed the Veterinary Department of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp to an internationally recognized laboratory. Beside research, education was also one of the important tasks of Jos Mortelmans. So, since 1958, 615 students were trained by him. In the period 1970 up to 1990, it was impossible to find an organization linked to the world of tropical animal medicine where Jos Mortelmans was not active. For example, he carried out as an international consultant, uncountable and often delicate assignments for FAO, UNDP, ABOS (Belgian Development Cooperation), for the Dutch, German and French development cooperation, and for the European Union. Jos Mortelmans was very appreciated due to his abilities as consultant, his encyclopaedic knowledge, his field experience and his practical and realistic attitude. How he was able to attain this, I don't know, but he succeeded always to solve effortlessly scientific and often delicate political and social problems.

Jos Mortelmans was member of a large number of organisations, out of which the two most important were the Technical Advisory Committee (TAC) of the CGIAR (Consultative Group of the International Agricultural Research, Washington), and the International Trypanotolerance Centre (ITC), Banjul, The Gambia. He was also Chairman of Evaluation Committees for the International Laboratory for Research on Animal Diseases (ILRAD) in Nairobi (Kenya) and for the Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Maisons-Alfort (France). He is first author and co-author of 262 scientific publications. The large variety of subjects gives evidence of the wide interests of Jos Mortelmans. His direct natural contact, his large honesty, and especially his never ceasing motivation made from Jos Mortelmans an exceptional person.



Professor Dr Pasteur Kageruka

Pasteur Kageruka was a veterinarian originating from Rwanda, who worked most of his life together with Prof. J. Mortelmans. They knew already each other in the fifties, when J. Mortelmans was director of the Veterinary Laboratory at Astrida (Butare) and P. Kageruka was at the Veterinary School in the same place. When J. Mortelmans returned to Belgium to start the Veterinary Department at the Institute of Tropical Medicine in Antwerp, P. Kageruka followed very soon. Together with J. Mortelmans he was one of the pioneers of the Veterinary Department, which was first located at the Zoo, later in the main buildings of the Nationalestraat/Rochusstraat, Antwerp. Although in the beginning of his career P. Kageruka did a lot of research on various diseases in zoo animals later on he focused on animal trypanosomiasis, particularly *Trypanosoma evansi* and *T. brucei gambiense*. He provided a major contribution to the discovery of the animal reservoir of sleeping sickness in Central Africa. He was a very active and highly appreciated member of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control. P. Kageruka was teaching protozoology at the Veterinary Department and as such has trained hundreds of veterinarians and veterinary technicians, who attended the course in tropical

animal health and production. He retired in January 1998 after 33 years of service at the Institute of Tropical Medicine in Antwerp. He passed away in October 2004 at the age of 68 years.

Prof. Dr J. Vercruysse
Chairman of Agri-Overseas

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), le Département des Sciences et gestion de l'environnement de l'Université de Liège (Arlon), la Direction Générale de la Coopération au Développement.

Conseil d'administration

Le conseil d'administration d'Agri-Overseas a.s.b.l. est composé du Professeur Dr J. Vercruysse, Président; du Professeur 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 Professeur 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 Dr 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...).

Secrétariat de rédaction

1A, Square du Bastion, B- 1050 Bruxelles – Belgique
Téléphones: ++32.02.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.02.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net

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 page 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.