

TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N°3

Trimestriel (July, Augustus, September)
Driemaandelijks (juli- augustus- september)
Se publica po año (julio- agosto- septiembre)



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

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

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

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

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIALES

Agriculture as A Motor of Pro-Poor Growth: Potentials and Constraints of Conservation Agriculture to Fight Rural Poverty in Sub-Saharan Africa L'agriculture en tant que moteur de la croissance pour lutter contre la pauvreté: potentialités et contraintes de l'agriculture de conservation pour lutter contre la pauvreté rurale en Afrique subsaharienne Landbouw als groeimotor bij de bestrijding van de armoede: mogelijkheden en knelpunten van conservatielandbouw bij de bestrijding van plattelandsarmoede in Sub-Sahara Afrika La agricultura como motor del crecimiento para luchar contra la pobreza: potencialidades y obligaciones de la agricultura de conservación para luchar contra la pobreza rural en el África subsahariana	
G. Mergeai	129

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs: cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun Verhogen van de biomassaproductie in dorpen van agro-veehouders: het geval van op graangewassen gebaseerde teeltsystemen in het noorden van Kameroen Incrementar la producción de biomasa en los territorios agro-pastorales: caso de sistemas de cultivos a base de cereales en el Norte del Camerún	
I. Nchoutnji, A.L. Dongmo, M. Mbiandoun & P. Dugué	133

Effets de la substitution du tourteau d'arachide par la fève de coton conventionnel en production de poulet de chair au Sénégal Effect van de vervanging van aardnotenboek door conventionele katoenzaadpitten in de productie van braadkippen in Senegal Efectos de la sustitución de la torta de cacahuete por el haba de algodón convencional en la producción de pollo de carne en el Senegal	
M.T. Diaw, A. Dieng, G. Mergeai, M. Sy & J-L. Hornick	139

Seeds' Germination of Four Traditionnal Leafy Vegetables in Benin (LFT) Germination des graines de quatre légumes feuilles traditionnels au Bénin (LFT) Het kiemen van zaden van vier traditionele bladgroenten in Benin (LFT) Germinación de las semillas de cuatro hortalizas de hoja tradicionales en Benin (HHT)	
C.A. Etèka, B.C. Ahohuendo, L.E. Ahoton, S.D. Dabadé & A. Ahanchédé	148

Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun) Microbiologische kwaliteit van kilishi (traditioneel gedroogd vleesproduct) geproduceerd in de stad Ngaoundere (Kameroen) Calidad microbiológica del kilishi (producto de carne secada) producido en la ciudad de Ngaoundéré (Camerún)	
A. Mbawala, B. Daoudou & M.B. Ngassoum	153

Efficacité de la synchronisation des chaleurs et insémination artificielle chez le bovin Azawak: intérêt du profil de progesterone Effectiviteit van bronstsynchonisatie en kunstmatige inseminatie bij het Azawak rundvee: belang van het progesteron profiel Eficacia de la sincronización de los calores y la inseminación artificial en el bovino Azawak: interés del perfil de progesterona	
H. Marichatou, M. Issa, I. Hamadou, M. Assane & C. Semita	161

Growth Performance of <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) Fed Varying Inclusions of <i>Leucaena leucocephala</i> Seed Meal Performance de croissance et hématologie de <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) nourri de graines de <i>Leucaena leucocephala</i> Groeivermogen en hematologie van <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) gevoed met verschillende proporties zaden van <i>Leucaena leucocephala</i> Resultado del crecimiento y la hematología de <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822) alimentado de granos de <i>Leucaena leucocephala</i>	
A.O. Sotolu	168

Ingestion et digestibilité <i>in vivo</i> du <i>Panicum maximum</i> associé à trois compléments: tourteau de <i>Jatophra curcas</i> , tourteau de coton <i>Gossypium hirsutum</i> et <i>Euphorbia heterophylla</i> chez le cobaye <i>Cavia porcellus</i> L. <i>In vivo</i> opname in verteerbaarheid van <i>Panicum maximum</i> in associatie met drie supplementen: <i>Jatophra curcas</i> zaadschroot, <i>Gossypium hirsutum</i> katoenzaadschroot en <i>Euphorbia heterophylla</i> bij de cavia <i>Cavia porcellus</i> L. Ingestión y digestibilidad <i>in vivo</i> del <i>Panicum maximum</i> asociado a tres complementos: torta de <i>Jatophra curcas</i> , torta de algodón <i>Gossypium hirsutum</i> y <i>Euphorbia heterophylla</i> en la cobaya <i>Cavia porcellus</i> L.	
N'G.D.V . Kouakou, E. Thys, E.N. Assidjo & J.-F. Grongnet	173

Investissement en culture attelée et amélioration de la rentabilité de la culture cotonnière en Centrafrique Investeren in dierlijke tractie en verbetering van de rentabiliteit van de katoencultuur in Centraal-Afrikaanse Republiek Inversión en el cultivo aplicado y mejoramiento de la rentabilidad del cultivo algodónero en la República Centroafricana	
E. Mbéid-Bessane	178

Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans cultureaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso Effecten van het beheer van de oogstresiduen op het rendement en de bebouwingsbalans van katoen-maïs-sorghum rotatiecultuur in Burkina Faso Efectos de la gestión de los residuos de cosecha en los rendimientos y los balances del cultivo de una rotación algodónera-maíz-sorgho en Burkina Faso	
B. Koulibaly, O. Traoré, D. Dakuo, P.N. Zombré & D. Bondé	184

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD	190
---	-----

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

Agriculture as A Motor of Pro-Poor Growth: Potentials and Constraints of Conservation Agriculture to Fight Rural Poverty in Sub-Saharan Africa

G. Mergeai

On 16 and 17 December 2009 the Belgian development agency (BTC) hosted in Brussels an international seminar entitled "Agriculture as a motor of pro-poor growth" ⁽¹⁾. This meeting brought together representatives of development partners and implementing agencies, international organisations, government bodies, experts on development cooperation projects, farmers organisations, academic institutions, think tanks, NGOs and others to discuss the challenges facing agricultural development.

The seminar intended to focus on poverty reduction through agriculture in development countries. It wanted to look at the issue in a holistic way taking into account both the needs and the actors, and scrutinise the potential of development partners to contribute to pro-poor agriculture development. The seminar set out to bridge the gap between administrators and professionals of different backgrounds, and to use both practical experience and theoretical models as a basis for discussion. Four thematic sessions were organised : (i) Agriculture and pro-poor growth: challenges and opportunities, (ii) Agriculture policies for pro-poor growth, (iii) Agricultural research, extension and innovation, (iv) Getting agriculture and rural entrepreneurship moving. During each thematic session, keynote speakers presented their contribution to the topic. You will find below a contribution that I find particularly relevant to the priorities of Tropicultura in agricultural research and dissemination of innovations. It addresses the challenge of developing practices of conservation agriculture in sub-Saharan Africa.

African agriculture is facing many challenges related to the particular environment in which it is practiced. The climate is characterized for much of the continent by a shortage of total annual rainfall and a more and more irregular rainfall pattern. These two phenomena tend to be amplified by the global warming that our planet is experiencing. African soils are generally poorer in nutrients and more acidic than those in temperate regions. Much of the soil also presents big problems of structural instability. Furthermore, plant and animal diseases are not less harmful there, in fact it is quite the contrary. African farmers are working in this harsh natural environment and dispose of significantly less means of production than those of industrialised countries. The level of mechanisation of farming operations and use of inputs is very low. Access to energy, which is essential to increase the productivity of the farmers' workforce, as well as for the added value in the production process, is often inadequate. Moreover the prices offered for the produced commodities are usually too low to be profitable. All of these constraints lead to a predominant logic of self-sufficiency among many farmers and to the use of inefficient and unsustainable production techniques, which in turn dramatically deteriorate the productive potential of the environment. This situation must be stopped in order not to permanently compromise the prospects for improved living conditions of future generations.

The concept of a double green revolution has been spreading more and more around the world to designate a production technique that is both more effective and more efficient in terms of energy consumption than the production techniques of the first green revolution for which obtaining high yields depended on the use of large quantities of chemical fertilizers and phytosanitary products.

The implementation of this new agricultural revolution in sub-Saharan Africa is based on: (i) A more rational and more effective use of genetic diversity through domestication of new species, and the creation, by conventional breeding and genetic engineering, of crops that make better use of water, solar energy, and soil nutrients, and that better resist natural enemies. (ii) The implementation of agro-ecological production techniques originating from conservation agriculture, which do not result in the deterioration of the productive potential of arable land but rather lead to a sustainable increase of its productive potential and to a better control of pests. Some first generation biofuels, such as jatropha, and second generation biofuels based on the usage of biomass by micro-organisms can be an opportunity to improve incomes and promote access to energy for poor farmers, when value chains are organized in such a way that they can really benefit from it.

In order to improve yields and yet to protect and enhance the productive potential of arable lands, conservation farming applies three principles: (i) Absence or minimisation of tillage, (ii) Maintenance of a permanent soil cover composed of organic matter, and (iii) Implementation of appropriate rotations often involving cover crops to produce the biomass needed to protect the soil and enrich its upper horizon in nutrients.

The main benefits of conservation agriculture are: (i) The elimination of water and soil erosion, (ii) The improvement of soil fertility in terms of structure and ability to exchange large amounts of nutrients, which increases the efficiency of applied mineral fertilisers, (iii) A limited impact of weeds, (iv) The fight against the harmful effects of global warming by increasing the resilience of farming systems with regard to the increasing erratic rains and the overall decline in rainfall, and (v) The fight against a major cause of global warming by sequestering large quantities of carbon in the soil. Research conducted in Brazil, Gabon, and Madagascar has shown that the increase in soil carbon content during the first years after the adoption of direct seeding techniques in no-tilled soils with permanent cover was 2 to 3 tons of carbon per hectare per year, against a carbon loss of up to almost 1,500 kg per ha for some cropping systems using disc harrows.

According to the latest FAO statistics conservation agriculture occupies about 100 million hectares worldwide, representing 7% of the world's farmland today against less than 2% about 10 years ago. Over 80% of farmland in conservation agriculture is found on the American continent, where a very fast increase in adopting this new technology is noted in the savannas of Brazil, Argentina, and neighbouring countries. The practice of conservation agriculture on 25 million hectares in Brazil and 18 million ha in Argentina partly explains the competitiveness of agriculture in these countries globally. Like Europe, Africa is lagging far behind compared to America regarding the adoption of conservation agriculture. Most of the areas under conservation agriculture that we find there are found in South Africa, with more than 300,000 ha.

The relatively low adoption rate of conservation agriculture in Africa can be explained by the existence of many constraints on this continent. Firstly conservation agriculture is poorly adapted to areas with low amounts of rainfall because of the competition between humans, crops and animals for the small amounts of biomass produced during the short rainy season in these regions. Two other important constraints relate to land tenure insecurity and the existence of collective easements, like common grazing lands and settled practices of crop rotation, which still characterize a large share of traditional agricultural production systems in Africa. These two constraints greatly complicate the implementation of cover crops that could produce the biomass needed to protect the soil. Moreover the practice of conservation agriculture does not always translate into a reduction of the workload for farmers, and it requires inputs and adapted tools to take full advantage of the benefits of this new production mode. Finally, it often takes one to two years before the benefits are being felt, which is often considered too long by the producers. Implementing simultaneously all the technical changes that make up conservation agriculture is complex, because there is a need to acquire and put into practice many new skills at the same time and to go against traditional management practices dealing with natural resources.

Lifting these numerous constraints involves simultaneous action at the production techniques level, as well as action in the socio-economic context in which they will be implemented. At the technical level, it is essential to identify the options best suited for each agro-ecological context, in particular with regard to the identification of the most adapted cover crops and the seed production of the latter. It is equally essential to involve farmers in defining problems and finding solutions in the long term. A participatory learning process allowing producers to understand the principles underlying the actions and their interest in the proposed innovations to improve their situation should ideally accompany this process. At the socio-economic level, solutions should ideally be sought locally and aim at changing the terms of access to land. These solutions must involve the establishment of a broad consensus within the village communities regarding the implementation of new land management rules, and the establishment of arbitration bodies recognized by all. The acquisition of inputs and adequate equipment by producers and the establishment of more favourable sale conditions for part of their crop may be facilitated by the creation or strengthening of cooperatives.

The proceedings of this seminar can be requested to Laurence Defrise (Laurence.DEFRISE@btctb.org) Belgian Development Agency, Rue Haute 147, B-1000 Bruxelles. www.btctb.org

L'agriculture en tant que moteur de la croissance pour lutter contre la pauvreté : potentialités et contraintes de l'agriculture de conservation pour lutter contre la pauvreté rurale en Afrique subsaharienne

Les 16 et 17 décembre 2009, l'Agence de développement belge (CTB) a organisé à Bruxelles un séminaire international intitulé «L'agriculture comme moteur de la croissance pour lutter contre la pauvreté» ⁽¹⁾. Cette réunion a rassemblé des représentants et des partenaires au développement, des agences d'exécution, des organisations internationales, des organismes gouvernementaux, des experts en projets de coopération au développement, des organisations paysannes, des institutions universitaires, des «think tanks», des ONG et d'autres pour discuter des défis du développement agricole.

Le séminaire visait à mettre l'accent sur la réduction de la pauvreté grâce à l'agriculture dans les pays en développement. Il s'est penché sur la question d'une manière globale en tenant compte à la fois des besoins et des acteurs, et en examinant le potentiel des partenaires au développement à contribuer au développement de l'agriculture en faveur des pauvres. Le séminaire a entrepris de combler le fossé entre les décideurs administratifs et les professionnels de différents horizons, et d'utiliser à la fois une expérience pratique et des modèles théoriques pour servir de base à la discussion. Quatre sessions thématiques ont été organisées: (i) l'agriculture et de la croissance pro-pauvres: défis et opportunités, (ii) des politiques agricoles en faveur de la croissance pro-pauvres, (iii) la recherche agricole, la vulgarisation et l'innovation, (iv) Comment faire bouger l'agriculture et l'entrepreneuriat rural. Au cours de chaque session thématique, des conférenciers ont présenté leur contribution au sujet. Vous trouverez ci-dessous une contribution que je trouve particulièrement pertinente par rapport aux priorités de Tropicultura en matière de recherche agricole et de diffusion des innovations. Elle concerne le défi que représente le développement des pratiques de l'agriculture de conservation en Afrique sub-saharienne.

L'agriculture africaine est confrontée à de nombreux défis liés aux particularités du milieu dans lequel elle est pratiquée. Le climat se caractérise pour une bonne partie du continent par une insuffisance de la pluviosité annuelle totale et par une irrégularité de plus en plus marquée des pluies, ces deux phénomènes ont tendance à être amplifiés par le réchauffement climatique global que connaît notre planète. Les sols africains sont globalement plus pauvres en éléments nutritifs et plus acides que ceux des régions tempérées. Une bonne partie de ces sols présente en outre de gros problèmes d'instabilité structurale. De plus, les ennemis des plantes et des animaux n'y sont pas moins dommageables qu'ici, bien au contraire. Les agriculteurs africains travaillent dans cet environnement naturel difficile en disposant de moyens de production nettement moins importants que ceux des pays industrialisés. Le niveau de mécanisation des opérations culturales et celui de l'emploi des intrants sont très bas. L'accès à l'énergie qui est indispensable pour augmenter la productivité de la force de travail des agriculteurs ainsi que la valeur ajoutée des productions qu'ils réalisent est le plus souvent insuffisant. De plus, les prix offerts pour les denrées produites sont généralement trop peu rémunérateurs. L'ensemble de ces contraintes se traduit par la prédominance d'une logique d'autosubsistance chez beaucoup d'agriculteurs et par le recours à des techniques de production peu performantes et non durables qui se traduisent par une dégradation dramatique du potentiel de production du milieu qu'il faut absolument arrêter sous peine d'hypothéquer définitivement les perspectives d'amélioration des conditions de vie des générations futures.

Le concept de révolution doublement verte s'impose de plus en plus à travers le monde pour désigner un mode de production qui est à la fois plus efficace et beaucoup plus économe en énergie que les techniques de production issues de la 1^{re} révolution verte pour lesquelles l'obtention de hauts rendements dépend de l'emploi de grandes quantités d'engrais chimiques et de produits phytosanitaires.

La mise en oeuvre de cette nouvelle révolution agricole en Afrique subsaharienne repose sur: (i) une exploitation plus rationnelle et plus efficace de la diversité génétique grâce à la domestication de nouvelles espèces et à la création par l'amélioration génétique classique et la transgénèse de plantes cultivées capables d'exploiter plus efficacement l'eau, l'énergie solaire et les éléments nutritifs du sol et de mieux résister à leurs ennemis naturels. (ii) La mise en oeuvre de techniques de production agro-écologiques relevant de l'agriculture de conservation qui n'aboutissent pas à une dégradation du potentiel productif des terres agricoles, mais au contraire à une augmentation durable de celui-ci et à un meilleur contrôle des ennemis des cultures. Certains agro-carburants de 1^{re} génération comme le jatropha et les agrocaburants de 2^e génération basés sur l'exploitation de la biomasse par des microorganismes peuvent constituer une opportunité pour améliorer les revenus et favoriser l'accès à l'énergie des agriculteurs les plus pauvres si les filières de production et de commercialisation sont organisées de manière à ce qu'ils puissent vraiment en tirer bénéfice.

Pour améliorer les rendements tout en protégeant et en améliorant le potentiel productif des terres agricoles, l'agriculture de conservation repose sur l'application de trois grands principes: (i) l'absence ou la réduction au minimum du travail du sol, (ii) le maintien d'une couverture permanente du sol constituée de matière organique,

et (iii) la mise en œuvre de rotations adaptées impliquant souvent des plantes de couverture qui servent à produire la biomasse nécessaire à protéger le sol et à enrichir son horizon supérieur en éléments nutritifs.

Les principaux bénéfices apportés par l'agriculture de conservation sont: (i) La suppression de l'érosion, tant hydrique qu'éolienne, (ii) l'amélioration de la fertilité du sol tant au niveau de sa structure que de sa capacité à retenir et à libérer de grandes quantités d'éléments nutritifs, ce qui augmente l'efficacité des engrais minéraux qui lui sont apportés, (iii) la limitation de l'impact des adventices, (iv) la lutte contre les effets néfastes du réchauffement climatique grâce à une augmentation de la résilience des systèmes de production agricole vis-à-vis de l'augmentation de l'irrégularité des pluies et de la baisse globale de la pluviosité et (v) la lutte contre une des causes majeures du réchauffement global grâce à la fixation dans le sol d'importantes quantités de carbone par ha. A ce point de vue, des recherches menées au Brésil, au Gabon et à Madagascar ont montré que l'augmentation de la teneur en carbone du sol au cours des premières années qui suivent l'adoption des techniques de semis direct sans labour dans un couvert végétal permanent s'élevait à 2 à 3 tonnes de carbone par ha et par an, contre une perte de carbone pouvant aller jusqu'à près de 1.500 kg par ha pour certains systèmes de culture avec labour à la charrue à disque.

Selon les dernières statistiques de la FAO, l'agriculture de conservation concerne environ 100 millions d'ha dans le monde, soit 7% des terres agricoles mondiales contre moins de 2% il y a environ 10 ans. Plus de 80% des terres cultivées en agriculture de conservation se situent sur le continent américain, où on constate une augmentation très rapide de l'adoption de cette nouvelle technique dans les savanes du Brésil, d'Argentine et des pays voisins. La pratique de l'agriculture de conservation sur 25 millions d'ha au Brésil et 18 millions d'ha en Argentine explique en partie la compétitivité des agricultures de ces pays au niveau mondial. Comme l'Europe, l'Afrique est largement en retard par rapport à l'Amérique en ce qui concerne l'adoption de l'agriculture de conservation. L'essentiel des superficies cultivées en agriculture de conservation que l'on y trouve se situent en Afrique du Sud, avec plus de 300.000 ha.

Le relativement faible taux d'adoption de l'agriculture de conservation en Afrique s'explique par l'existence sur ce continent de nombreuses contraintes. Tout d'abord, la mauvaise adaptation de l'agriculture de conservation aux zones à faible niveau de pluviosité à cause de la concurrence qui existe dans ces régions entre les hommes, les cultures et les animaux pour l'utilisation des faibles quantités de biomasse produites pendant la courte saison des pluies. Deux autres contraintes importantes concernent l'insécurité foncière et l'existence de servitudes collectives, comme le droit de vaine pâture et la pratique des assolements réglés, qui caractérisent encore une large part des systèmes de production agricole traditionnels d'Afrique. Ces deux contraintes compliquent fortement la mise en place des plantes de couverture susceptibles de produire la biomasse indispensable à la protection du sol. De plus, la pratique de l'agriculture de conservation ne se traduit pas toujours par une diminution de la charge de travail des agriculteurs et il faut disposer d'intrants et d'outils adaptés pour tirer pleinement parti des avantages de ce nouveau mode de production. Enfin, les bénéfices attendus ne se concrétisent souvent qu'après au minimum un à deux ans, ce qui est souvent jugé trop long par les producteurs. La mise en œuvre simultanée de l'ensemble des changements sur lesquels repose l'agriculture de conservation est donc complexe car elle nécessite d'acquiescer et de mettre en pratique beaucoup de nouvelles connaissances en même temps et d'aller à l'encontre de pratiques ancestrales en matière de gestion des ressources naturelles.

La levée de ces nombreuses contraintes implique d'agir simultanément au niveau des techniques de production et du contexte socio-économique dans le lequel celles-ci vont être mises en œuvre. Au niveau technique, il est indispensable d'identifier les options qui conviennent le mieux à chaque contexte agro-écologique. Notamment en ce qui concerne l'identification des plantes de couverture les mieux adaptées et la production des semences de ces dernières. Il est également indispensable d'impliquer les agriculteurs sur le long terme dans la définition des problèmes à résoudre et la recherche de leurs solutions. Cette dynamique doit idéalement s'accompagner d'un processus d'apprentissage participatif permettant aux producteurs de bien comprendre les principes d'action et l'intérêt des innovations proposées pour l'amélioration de leur situation. Au niveau du contexte social, des solutions doivent idéalement être cherchées localement en vue de changer les modalités d'accès à la terre. Ces solutions doivent impliquer l'établissement d'un large consensus à l'échelle des communautés villageoises en ce qui concerne la mise en œuvre des nouvelles règles de gestion du foncier et l'établissement d'instances d'arbitrage reconnues par tous. L'acquisition d'intrants et d'équipements adéquats par les producteurs et l'établissement de conditions plus favorables pour la vente d'une partie de leurs récoltes peuvent être facilités par la création ou le renforcement de coopératives.

References

<http://www.fao.org/ag/ca/>

<http://agroecologie.cirad.fr/>

Derpsch R. & Friedrich T., 2009, Global overview of conservation agriculture adoption. IV World Congress on conservation agriculture. New Delhi, India.

<http://www.fao.org/ag/ca/doc/Derpsch-Friedrich-Global-overview-CA-adoption3.pdf>

Prof. Dr. Ir. Guy Mergeai
Chief Editor/ Rédacteur en chef

⁽¹⁾ Les actes de ce séminaire peuvent être demandés à Laurence Defrise (Laurence.DEFRISE@btctb.org) Belgian Development Agency, Rue Haute 147, B-1000 Bruxelles. www.btctb.org

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs: cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun

I. Nchoutnji^{1*}, A.L. Dongmo¹, M. Mbiandoun¹ & P. Dugué²

Keywords: Biomass- Mineral fertilization- Crops-livestock's farmers- Multiple cropping- Northern Cameroon- Cameroon

Résumé

Une étude a été menée sur l'association du maïs (*Zea mays*) au mucuna (*Mucuna pruriens*) et sur l'association du maïs (*Zea mays*) au brachiaria (*Brachiaria ruziziensis*) dans un contexte de saturation foncière. La recherche visait à vérifier la possibilité d'accroître la production des biomasses végétales sans réduire de manière significative la quantité des grains de maïs produits et en utilisant une dose d'engrais adaptée aux capacités de financement des agriculteurs. Dans trois terroirs d'agro-éleveurs du Nord Cameroun (Oourolabo III; Laindé Karewa et Israël), 12 producteurs ont testé l'association avec *M. pruriens* et 12 l'ont testé avec *B. ruziziensis*. Les différentes modalités par producteur étaient: T1 (maïs associé avec fertilisation recommandée: 83N 24P 14K / ha), T2 (maïs associé avec fertilisation réduite: 60N 24P 14K / ha), T3 (maïs en culture pure avec fertilisation recommandée) et T4 (maïs en culture pure avec fertilisation réduite). Une ANOVA a été faite avec le logiciel SAS et le test de Student-Newman-Keuls a permis de séparer les moyennes. Nous avons observé sur l'association du maïs au mucuna des différences non significatives ($P > 0,05$) pour le rendement en grains de maïs et les modalités étaient dans l'ordre décroissant T4, T3, T1 et T2. Les différences étaient hautement significatives ($P < 0,0001$) pour le rendement de la biomasse fourragère, mais ne l'étaient pas ($P > 0,05$) entre T2 et T1, ni entre T4 et T3. L'association du maïs au brachiaria a montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les traitements pour le rendement en grains de maïs avec des valeurs semblables de T3, T4 et T1. Ces différences étaient hautement significatives ($P < 0,0001$) pour le rendement en biomasses fourragère et le maïs associé avait un rendement supérieur ($P < 0,0001$) au maïs en culture pure. L'association d'une légumineuse (*M. pruriens*) au maïs ne réduit pas son rendement en grains quelle que soit la dose d'engrais utilisée. Par contre, en lui associant une graminée (*B. ruziziensis*), ce rendement baisse en fertilisation réduite.

Summary

Improving Biomass Production in Crops-livestocks Farmers' Villages: Case of Cereals Based Production Systems in Northern Cameroon

In Northern Cameroon, production systems are mainly characterized by sole cropping with reduced quantities of mineral fertilizer. The quantities of biomass produced are then not sufficient to meet the demand. That is why a study was carried out to enhance quantities of biomass produced taking into account maize grains yield and farmers' access to mineral fertilizers. In three villages of Northern Cameroon (Oourolabo III; Laindé Karewa and Israël), 12 producers associated maize with *Mucuna pruriens* and 12 did with *Brachiaria ruziziensis*. Modalities were: T1 (association with recommended dose of fertilizer: 83N 24P 14K / ha), T2 (association with reduced dose of fertilizer: 60N 24P 14K / ha), T3 (maize sole cropping with recommended dose of fertilizer) and T4 (maize sole cropping with reduced dose of fertilizer). Variance analysis was done with the SAS program and Student-Newman-Keuls test permitted to separate the means. Maize association with *M. pruriens* didn't show any significant difference ($P > 0.05$) for maize grains yield. Highly significant differences ($P < 0.0001$) were observed for biomasses production, but not ($P > 0.05$) between T2 and T1, nor between T4 and T3. Maize association with *B. ruziziensis* showed significant differences ($P < 0.05$) between treatments for maize grains yield. Differences were highly significant ($P < 0.0001$) between treatments for biomass production and crop association yielded higher ($P < 0.0001$) than sole cropping. When maize was associated with a leguminous crop (*M. pruriens*), its grains yield did not drop despite the dose of fertilizer used. On the contrary, with a gramineous crop (*B. ruziziensis*), the yield drop with a reduced dose of fertilizer. In sole cropping, the dose of fertilizer did not affect maize grains yield nor biomass production.

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun.

²Centre de Coopération Internationale en Recherche Appliquée pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France, UMR Innovation, TA 60/15 34398 Montpellier, cedex 5, France.

*IRAD Garoua, BP 415, Garoua, Cameroun. Tel (237)99597610,

Email: nt_ibrahim@yahoo.fr

Reçu le 23.02.09 et accepté pour publication le 11.05.10.

Introduction

De nombreuses études réalisées en Afrique Sub-saharienne ont montré que l'agriculture itinérante, qui est la base des systèmes agricoles traditionnels, ne peut plus se maintenir avec une croissance démographique rapide (14), qui entraîne une saturation foncière des terroirs agrosylvopastoraux (2, 5). La jachère a disparu dans des zones anciennement cultivées accentuant la baisse de fertilité des sols, les difficultés d'alimentation du bétail intégré dans les unités de production et les conflits agropastoraux (3). Plusieurs techniques de gestion de la fertilité des sols s'appuyant sur la valorisation de la matière organique (7) et l'intégration agriculture - élevage (12) ont été développées en zone soudano-sahélienne pour y remédier. Ces techniques ont été appropriées par certains producteurs d'Afrique occidentale, grâce à un accompagnement soutenu sur la gestion concertée des ressources naturelles, des systèmes de production intégrés et des terroirs anciennement saturés (4). Par contre, leurs pairs d'Afrique centrale et particulièrement ceux du Nord Cameroun sont restés en retrait à cause des facteurs suivants: la petite taille des unités de production, le déficit en terre de la majorité de ces unités dont la stratégie première est de produire des céréales et le refus des producteurs de cultiver des parcelles herbagères pures pour répondre aux besoins élevés en biomasses nécessaires à l'affouragement du bétail en saison sèche ou à la production de la fumure organique. Ces producteurs souhaitent pourtant développer l'élevage et dans certains cas l'intensifier pour des raisons économiques et parfois agronomiques. La production de biomasse reste donc globalement faible dans ces unités de production où les systèmes traditionnels sont basés sur la culture pure avec des faibles niveaux de fertilisation (3). De ce fait, la recherche expérimente avec ces producteurs un système de culture innovant permettant de produire grains et fourrage sur la même parcelle. L'hypothèse formulée est qu'en associant à la céréale une plante fourragère et en appliquant une dose d'engrais minéraux adaptée aux capacités financières des agriculteurs, on peut augmenter significativement le rendement en biomasse fourragère sans réduire de manière significative celui en grains de la céréale. Les performances en milieu paysan de deux types d'association de cultures (brachiaria - maïs et mucuna - maïs) ont été testées. Les études antérieures (7, 8) ont montré que l'association du mucuna au maïs réduit le ruissellement et l'érosion, augmente la teneur du sol en matière organique, améliore son régime hydrique et restaure sa fertilité. Son action bénéfique sur les mauvaises herbes (*Striga hermonthica* et

Imperata cylindrica) a été démontrée (8). L'association du brachiaria au maïs permet une meilleure rétention de l'eau en début et fin de cycle et lutte contre les adventices. Elle renforce la structure du sol et lui assure un bon travail. Nous présentons ici les résultats obtenus lors d'un essai réalisé en milieu paysan en vue d'évaluer les performances des associations «maïs - mucuna» et «brachiaria - mucuna» cultivées avec deux doses de fertilisants minéraux.

Matériels et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué du maïs (*Zea mays* L.) comme culture principale et de deux cultures associées à savoir *Brachiaria ruziziensis* et *Mucuna pruriens*. Les semences de maïs (20 kg/ha) ont été fournies par les paysans expérimentateurs à partir de leur récolte précédente. Il s'agit de la variété CMS (Cameroon Maize Selection) vulgarisée dans la région. Les semences des cultures associées [*B. ruziziensis* (15 kg/ha) et *M. pruriens* (15 kg/ha)] ont été fournies par l'IRAD (Institut de Recherche Agricole pour le Développement).

2. Site expérimental

L'expérimentation a été conduite dans trois villages d'agro-éleveurs situés dans le bassin de la Bénoué, à 40 km au Sud-Est de Garoua: Oulolabo III; Lainedé Karewa et Israël. Elle s'intègre dans le programme de recherche «gestion des biomasses, de la fertilité des sols et de l'intégration agriculture - élevage» mené dans le cadre du PRASAC (Pôle Régional de Recherche Appliquée au Développement des Savanes d'Afrique Centrale) au Cameroun, en République Centre Africaine et au Tchad.

3. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée par des paysans volontaires dans un de leurs champs de maïs les plus homogènes possibles. Dans chacun des trois villages, 8 parcelles d'essai de 0,25 ha chacune ont été proposées: 4 pour l'association (maïs - brachiaria) et 4 pour l'association (maïs - mucuna). On obtient ainsi un dispositif expérimental en blocs dispersés comprenant 12 blocs de chaque type d'association. Le choix de grandes surfaces expérimentales (0,25 ha/bloc) visait à intégrer les conditions réelles de production en milieu paysan. Chaque bloc était divisé en quatre parties égales (traitements) de 625 m² de superficie recevant soit la fertilisation préconisée par la recherche (dose

T1 maïs + culture associée avec fertilisation recommandée (100 kg NPK+150 kg urée/ha)	T2 maïs + culture associée avec fertilisation réduite (100 kg NPK+100 kg urée/ha)
T3 maïs en culture pure avec fertilisation recommandée (100 kg NPK+150 kg urée/ha)	T4 maïs en culture pure avec fertilisation réduite (100 kg NPK+100 kg urée/ha)

Figure 1: Agencement des 4 traitements dans chaque bloc de l'essai.

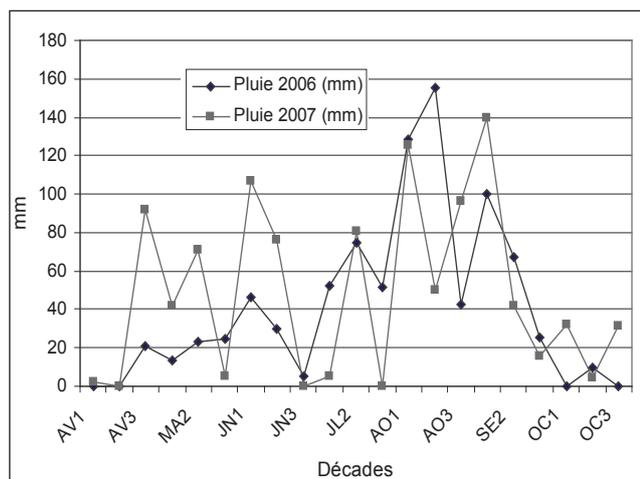


Figure 2: Pluviosité décadaire dans la zone de l'essai en 2006 et 2007.

recommandée) ou celle habituellement utilisée par les producteurs (dose réduite) (Figure 1). La présentation des résultats pour chaque essai se focalisera sur l'évaluation des deux variables les plus pertinentes pour les paysans à savoir le rendement en grains de maïs et le rendement en biomasses végétales totales.

4. Conduite de l'expérimentation

Chaque producteur avait utilisé une paire de bœufs de trait pour le labour à plat de sa parcelle. Les semis du maïs ont eu lieu en juillet, après le rétablissement des pluies (Figure 2) en lignes (80 cm x 25 cm) à raison d'un grain par poquet. La plante associée a été semée entre les lignes de maïs en continu pour le brachiaria et tous les 25 cm pour le mucuna (un grain par poquet), deux semaines plus tard. Deux sarclages manuels ont été effectués à des périodes imposées par le niveau d'enherbement de chaque parcelle. L'engrais a été appliqué au poquet: à la levée du maïs (dose recommandée/ha: 37N 24P 14K et dose réduite/ha: 14N 24P 14K) et trois semaines plus tard (dose recommandée/ha: 46N 0P 0K et dose réduite/ha: 46N 0P 0K). Les épis de maïs, la paille de maïs, de mucuna et de brachiaria ont été récoltés secs au champ (5 mois après le semis). Les rendements en grains de maïs et en biomasse fourragère ont été évalués après séchage complet au laboratoire de l'IRAD.

5. Analyse statistique

Chaque parcelle expérimentale d'un paysan est considérée comme une répétition d'un essai en bloc avec quatre parcelles élémentaires correspondant chacune à un traitement. Le nombre de répétition était de 12 pour chaque essai. Une analyse de variances a été faite avec le logiciel SAS (13). Le test de Student-Newman-Keuls a permis de séparer les moyennes des quatre traitements appliqués. Ces moyennes ont été comparées 2 à 2 par la méthode des contrastes.

Résultats et discussions

1. Association maïs - mucuna

L'analyse de la variance montre une différence

hautement significative ($P < 0,0001$) entre les blocs pour le rendement en grains de maïs, en biomasse fourragère du maïs et en biomasses végétales totales (maïs et mucuna). Les différences observées pour le rendement en grains de maïs et pour celui de la biomasse fourragère du maïs (Tableau 1), ne sont pas significatives ($P > 0,05$) entre les traitements. Cela montre que l'association culturale du maïs avec le mucuna n'a diminué significativement ni le rendement en grains de maïs, ni celui de la biomasse fourragère du maïs. Ces différences le sont hautement ($P < 0,0001$) pour ce qui est du rendement en biomasses végétales totales. Il ressort de la comparaison des traitements 2 à 2 (Tableau 1) pour chacun des paramètres évalués que le maïs associé au mucuna avec fertilisation recommandée (T1) n'est pas significativement différent du maïs associé au mucuna avec fertilisation réduite (T2) pour chacun des paramètres étudiés. Il en est de même pour le maïs en culture pure avec fertilisation réduite (T4) en comparaison au maïs en culture pure avec fertilisation recommandée (T3). On en déduit que le niveau de fertilisation appliquée n'a ni influencé le rendement en grains de maïs, ni celui de la biomasse fourragère totale produite. Par contre les différences sont hautement significatives ($P < 0,0001$) entre les traitements impliquant une culture associée (T1, T2) et ceux n'en impliquant pas (T3, T4) pour le rendement en biomasses fourragères, le premier groupe de traitements étant supérieur au second. Ainsi, l'association du maïs avec le mucuna a permis d'augmenter significativement la production de la biomasse nécessaire à l'alimentation du bétail, sans toute fois diminuer significativement le rendement en grains de maïs nécessaire à la consommation humaine. Le gain de la biomasse dû à l'association, obtenu en fertilisation recommandée est de 48,5% et celui obtenu avec la fertilisation réduite est de 45,7%. Ce résultat est semblable à celui de Asongwed-Awa *et al.* (1), qui ont obtenu une augmentation de la biomasse consommable de plus de 40% dans les parcelles où le mucuna était associé au maïs. Par ailleurs, la fertilisation recommandée n'a pas permis d'augmenter significativement le rendement en grains de maïs et les rendements en biomasses fourragères totales par rapport à la fertilisation réduite. Cette situation serait la conséquence d'une surexploitation des sols ayant entraîné la baisse de la matière organique du sol en deçà du seuil nécessaire pour valoriser les engrais minéraux. En effet, la matière organique retient les minéraux qui sont alors utilisés par la plante. En son absence, ces substances minérales subissent un lessivage au détriment de la plante. Le semis précoce du mucuna (deux semaines après le semis du maïs) en serait une autre cause. Traoré *et al.* (16) ont montré que le mucuna semé moins de 30 jours après le maïs entraîne une baisse de rendement en grains de ce dernier à cause de la compétition. Nos résultats sont semblables à ceux obtenus au Togo (15) où le

Tableau 1
Rendement (t/ha de matière sèche) en grains de maïs et en biomasses végétales totales pour les quatre traitements

Traitement	Association maïs - mucuna			Association maïs - brachiaria		
	Grains de maïs	Fourrage maïs	Fourrage maïs + mucuna	Grains de maïs	Fourrage maïs	Fourrage maïs + brachiaria
Maïs associé avec fertilisation recommandée	2,44 ± 0,97	2,76 ± 0,83	5,77 ± 2,57	2,46 ± 0,71	3,15 ± 0,70	6,93 ± 2,18
Maïs associé avec fertilisation réduite	2,38 ± 0,90	2,87 ± 0,77	5,84 ± 2,66	2,27 ± 0,76	2,77 ± 0,72	5,73 ± 2,12
Maïs en pur avec fertilisation recommandée	2,64 ± 0,80	2,97 ± 0,55	2,97 ± 0,94	2,57 ± 0,88	3,38 ± 0,82	3,38 ± 0,82
Maïs en pur avec fertilisation réduite	2,67 ± 0,97	2,17 ± 0,93	3,17 ± 0,90	2,53 ± 0,90	3,14 ± 0,69	3,14 ± 0,69
Moyennes générales	2,53	2,69	4,43	2,45	3,11	4,795
F traitement	2,41 (N.S.)	2,61 (N.S.)	17,07 (p< 0,0001)	3,57 (p< 0,05)	9,72 (p< 0,0001)	34,16 (p< 0,0001)

N.S.: différence non significative.

rendement en grains de maïs n'a pas été amélioré en première année de culture du fait de l'association au mucuna et de l'apport d'engrais. D'autres travaux conduits en Afrique de l'ouest (6, 9) ont montré qu'en associant les légumineuses à graines telles que le mucuna (*Mucuna pruriens*), le soja (*Glycine max* (L), le niébé [*Vigna unguiculata* (L) Walp] au maïs, on obtient une amélioration de la fertilité des sols et un accroissement des rendements du maïs de l'ordre de 50%. Un accroissement de rendement de l'ordre de 70%, une amélioration de la fertilité de sol et une baisse de la densité de la mauvaise herbe (*Imperata cylindrica*) de 88% au mètre carré ont été observés en semant le mucuna 3 à 4 semaines après le maïs (8).

2. L'association maïs - brachiaria

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative ($P < 0,0001$) entre les blocs pour le rendement en grains de maïs, en biomasse fourragère du maïs et en biomasses végétales totales (maïs et brachiaria). Les différences observées entre les traitements (Tableau 1) sont significatives ($P < 0,05$) pour le rendement en grains de maïs et hautement significatives ($P < 0,0001$) pour le rendement en biomasse fourragère du maïs et en biomasses végétales totales. Ce qui prouve que l'association du maïs avec le brachiaria a influencé significativement tous les paramètres étudiés. Il ressort de la comparaison des différents traitements lorsque le maïs est associé au brachiaria (Tableau 1) que pour le rendement en grains de maïs, la culture pure de maïs avec fertilisation recommandée (T3) a un rendement semblable à celui du maïs en culture pure avec fertilisation réduite (T4) et à celui du maïs associé au brachiaria avec fertilisation recommandée (T1). On en déduit qu'en culture pure du maïs, la dose recommandée de fertilisation n'a pas influencé positivement le rendement en grains du maïs. Cela serait dû à une surexploitation des sols ayant entraîné une baisse de leur teneur en matière organique à un seuil limitant la valorisation des engrais minéraux.

On observe également que l'association du maïs au brachiaria réduit légèrement le rendement en grains du maïs. Toutefois, cette réduction de rendement n'est significative ($P < 0,05$) que lorsque la dose de fertilisation est réduite. Ceci peut être attribué à la compétition entre les deux graminées associées (maïs et brachiaria) pendant le stade végétatif, pour la nutrition azotée (11). La dose supplémentaire d'engrais apportée à cette association (fertilisation recommandée) a permis de réduire cette compétition. Ce qui expliquerait la différence non significative entre T1, T3 et T4. Pour le rendement en biomasses fourragères totales produites, le groupe de traitements en association (T1, T2) a un rendement significativement supérieur ($P < 0,0001$) au groupe de traitements en culture pure (T3, T4). L'association de cultures est donc favorable à la production de biomasses fourragères totales. De plus, la dose recommandée d'engrais permet à cette association de produire significativement ($P < 0,05$) plus de biomasses fourragères totales qu'avec la dose réduite. La quantité de biomasse produite serait plus importante si le brachiaria avait été semé au même moment que le maïs. Mais dans ce cas il aurait été nécessaire de couper la plante associée pour limiter l'impact négatif de sa concurrence accrue sur le rendement en grains du maïs (11). Le surcroît d'urée (50 kg/ha) apporté n'est pas rentable dans le contexte actuel caractérisé par la flambée des prix des principaux intrants dont l'urée, car il ne se traduit que par un gain d'environ 200 kg/ha de grains de maïs dans le meilleur des cas. Les rendements en matière sèche obtenus sont de 3,15 t/ha, 2,46 t/ha et 6,93 t/ha de biomasse de maïs, de grains de maïs et de biomasses végétales totales (maïs et brachiaria) respectivement, en fertilisation recommandée. Cette production est supérieure à celle obtenue par Naudin *et al.* (11) qui était de 4,9 t/ha de matière sèche de biomasse fourragère totale (maïs et brachiaria). La différence entre nos résultats et ceux de ces auteurs devrait être due aux conditions environnementales distinctes dans

lesquelles nos essais respectifs ont été réalisés (années et zones de réalisation différentes).

3. Analyse des deux types d'association

Dans les deux types d'association, la fertilisation recommandée produit globalement plus de grains de maïs que la fertilisation réduite. La quantité produite avec le brachiaria étant légèrement plus élevée que celle produite en association avec le mucuna. Cette légère différence résulterait du fait que les cultures associées ont été semées deux semaines seulement après la culture principale. Le mucuna, plante rampante, donc plus envahissante que le brachiaria a dû freiner le développement des plants de maïs. Le gain en grains de maïs (190 kg) obtenu lorsqu'on applique la dose recommandée d'engrais sur l'association avec le brachiaria est le triple de celui (60 kg) obtenu sur l'association avec mucuna. Dans les deux situations, ce gain ne permet pas de surmonter le coût du surplus d'engrais (50 kg) apporté en dose recommandée. En fertilisation recommandée, le maïs produit plus de fourrage lorsqu'il est associé au brachiaria que quand il l'est au mucuna. En fertilisation réduite, c'est l'inverse qui se produit. Mais le gain fourrager est plus élevé dans ce cas (390 kg) qu'en fertilisation réduite (100 kg). Cette tendance est similaire à celle obtenue avec les grains de maïs. Les mêmes raisons à savoir le semis précoce des cultures associées et le caractère envahissant du mucuna expliqueraient cela. En rapprochant ces différents résultats, on peut penser que la production des grains est liée à celle de la biomasse fourragère du maïs. En fertilisation recommandée, le rendement en biomasses végétales totales produites avec le brachiaria, est plus élevé (16,73%) que celui produit avec le mucuna. En fertilisation réduite, c'est le rendement en biomasses végétales totales produites avec le mucuna qui est légèrement plus élevé (2%) que celui avec le brachiaria. Ce qui fait dire que le surplus d'engrais apporté à ces associations en fertilisation recommandée a été bénéfique au brachiaria qui est une graminée au même titre que le maïs auquel il est associé. En situation normale, ils sont en compétition pour les substances nutritives du sol, duquel ils exportent tout, à l'inverse de l'association avec le mucuna qui est une légumineuse pouvant fixer de l'azote à travers les nodosités de ses racines (6). L'adoption de cette innovation par les agro-éleveurs contribuerait

à résoudre plusieurs problèmes. En effet, le temps et la main-d'œuvre généralement consacrés au sarclage manuel par ces agriculteurs dont les revenus ne leurs permettent pas d'acquiescer les herbicides seront réduits grâce à une bonne couverture du sol par la culture associée (11). La concurrence pour la biomasse et la pression sur le foncier qui exacerbent les conflits entre éleveurs et agriculteurs (10) seront réduites puisque sur une même parcelle, il sera possible de produire en même temps des grains de maïs nécessaires à l'alimentation humaine et suffisamment du fourrage pour le bétail.

Conclusion et suggestions

Dans les conditions de réalisation de l'essai, l'association des cultures permet d'augmenter les quantités de biomasses totales produites, nécessaires à l'alimentation du bétail. L'association d'une légumineuse (*Mucuna pruriens*) au maïs ne réduit pas le rendement en grains de maïs quelle que soit la dose d'engrais utilisée dans cette expérimentation. Par contre, en lui associant une graminée (*Brachiaria ruziziensis*), le maïs ne subit une baisse de rendement en grains que lorsque la fertilisation réduite est appliquée. Ainsi l'adoption de l'association du maïs avec *Mucuna pruriens* ou avec *Brachiaria ruziziensis* plus une dose recommandée de fertilisation permettrait d'accroître la production des biomasses dans un contexte de saturation des terroirs et permettrait de réduire les conflits agro-pastoraux souvent exacerbés par le déficit fourrager. L'agriculteur et l'éleveur y trouvent chacun son compte. Mais, pour cette première année de culture, le surcroît d'urée (50 kg/ha) apporté n'a pas été rentable, surtout dans un contexte caractérisé par la flambée des prix des principaux intrants dont l'urée, car il ne produit qu'environ 200 kg/ha de grains de maïs en plus. Il serait important de poursuivre cette étude afin d'évaluer l'impact de ces deux types d'associations sur les cultures suivantes et sur la fertilité des sols.

Remerciements

Les auteurs remercient le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agricole pour le Développement) et le PRASAC (Pôle Régional de Recherche Appliquée au Développement des Savanes d'Afrique Centrale).

Références bibliographiques

1. Asongwed-Awa A., Njoya A., Ngo Tama A.C., Onana J., Dongmo A.L., Kameni A. & Choupmom J., 2006, Synthèse des résultats sur les systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) depuis l'année 2000 dans le cadre des conventions FFEM et ESA. Document de travail IRAD, ESA/SDCC, 36 p.
2. Barbier B., Weber J., Dury S., Hamadou O. & Seignobos C., 2003, Les enjeux du développement agricole dans le Grand Nord Cameroun. In: Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C. (Eds.), Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du Colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasad, Ndjamen, Tchad-Cirad, Montpellier. 11 p.
3. Dongmo A.L., 2009, Territoire, troupeaux et biomasses: enjeux de gestion pour un usage durable des ressources au Nord-Cameroun. Thèse soutenue en vue de l'obtention du Doctorat PhD. Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'Environnement. Agro Paris Tech. P. 39, 270 p.
4. Dongmo A.L., Djamen P., Vall E., Koussou M.O., Coulibaly D. & Lossouarn J., 2007b, L'espace est fini! Vive la sédentarisation? Innovations et développement durable en question chez les pasteurs des zones cotonnières d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Synthèse, Renc. Rech. Ruminants, 14, 153-160.

5. Dongmo A.L., Havard M. & Dugué P., 2007a, Gestion du foncier et de la biomasse végétale: fondement de l'association de l'agriculture et de l'élevage en zone de sédentarisation au Nord-Cameroun. *In: Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre*, 2007. Editions Quae, Paris, France, 331-343.
6. Galiba M., Vissoh P., Dagbenonbakin G. & Fagbahon F., 1998, Réactions et craintes des paysans à la vulgarisation du pois Mascate (*Mucuna pruriens* var. *utilis*). *In: Buckles D. et al. (ed.) Cover crops in West Africa contributing to sustainable agriculture*. IDRC, Ottawa, ON, Canada; IITA, Ibadan, Nigeria; Sasakawa Global 2000, Cotonou, Bénin. Pp. 55-65.
7. Ganry F. & Feller C., 1998, Sols tropicaux: quelques expériences de gestion de la matière organique. *Agriculture et développement* n° 18 juin 1998. Spécial sols tropicaux.
8. Houndékou V., Manyong V.M., Gogan C.A. & Versteeg M.N., 2007, Collaboration to increase the use of *Mucuna* in production systems in Benin. http://www.idrc.ca/fr/ev-31913-201-1-DO_TOPIC.html1 van 7 23/11/17: 25
9. Hulugalle N.R. & Lal R., 1986, Root growth of maize in a compacted gravely tropical alfisol as affected by rotation with a woody perennial. *Field Crops Res.* 13, 33-44.
10. Naudin K., 2007, L'agro écologie et les techniques innovantes dans les systèmes de production cotonniers du Nord Cameroun. <http://www.agroecologie.cirad.fr>
11. Naudin K., Balarabe O. & Seguy L., 2007, How to produce more biomass for DMC in sub-Saharan Africa: the case of Northern Cameroon. <http://www.agroecologie.cirad.fr>
12. Sangaré M. & Coulibaly, 1999, Pour une meilleure gestion du troupeau bovin. Un outil d'aide à la décision paysanne, mai 1999, ESPGRN, Sikasso, Mali, 27 p.
13. SAS Institute, 2004, SAS user's guide. Version 9.0. SAS Inst., Cary, NC.
14. Smaling E.M.A., 1993, Soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa. *In: H. van Reuler and W.H. Prins (ed.) The role of plant nutrients and sustainable food production in sub-Saharan Africa*. Plonsen & Looijen, Wageningen, the Netherlands. Pp. 53-67.
15. Sogbedji J.M., Van Es H.M. & Agbeko K.L., 2006, Cover cropping and nutrient management strategies for maize production in Western Africa. *American Society of Agronomy*, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA Vol. 98, 4, 883-889.
16. Traoré K., Bado B.V. & Hien V., 1999, Effet du mucuna sur la productivité du maïs et du coton. L'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Bobo Dioulasso, Burkina Faso .

I. Nchoutnji, Camerounais, Ingénieur Agronome, chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun. Email: nt_ibrahim@yahoo.fr .

A.L. Dongmo, Camerounais, Ingénieur Agro zootechnicien, PhD, chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun. Email: dongmonal@yahoo.fr .

M. Mbiandoun, Camerounais, Ingénieur Agronome, PhD, chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun. Email: mbiandounm@yahoo.fr .

P. Dugué, Français, Agronome, Chercheur, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agricole pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France. Unité de recherche Agriculteurs et Innovations, TA 60/15 34398 Montpellier, cedex 5, France. Email: patrick.dugue@cirad.fr .

Effets de la substitution du tourteau d'arachide par la fève de coton conventionnel en production de poulet de chair au Sénégal

M.T. Diaw¹, A. Dieng¹, G. Mergeai², M. Sy¹, J.-L. Hornick^{*3}

Keywords: Groundnut cake- Cottonseed kernel- Gossypol- Broilers, Performances- Digestibility- Senegal

Résumé

Une étude sur l'effet de la fève de coton conventionnel (glandé) en production de poulet de chair a été conduite sur 400 animaux. Le tourteau d'arachide a été substitué à raison de 0; 25; 50 et 75% par la fève de coton. L'incorporation de la fève de coton s'est traduite par une réduction significative ($p < 0,001$) des paramètres de croissance, d'ingestion, d'efficacité alimentaire et de digestibilité des nutriments des aliments expérimentaux. Cette diminution s'est faite de manière proportionnelle au niveau de substitution. Cette étude suggère que seule la teneur en gossypol des fèves de coton constitue un facteur limitant pour leur incorporation dans les aliments des volailles et que cet aliment soit exclu des formulations en production de poulets ou que son niveau maximal d'incorporation soit limité à 10% lorsque le temps de production n'est pas une contrainte pour l'éleveur.

Summary

Effects of the Substitution of Groundnut Cake by Conventional Cottonseed Kernel on Broilers Production in Senegal

A study has been conducted on 400 chicks to evaluate conventional cottonseed kernels on broilers production. Groundnut cake has been substituted by cottonseed kernels at 0, 25, 50 and 75% levels. Cottonseed kernel incorporation decreased significantly ($p < 0.001$) the growing parameters, feed intake, feed efficiency and nutrients digestibility of the experimental diets. This reduction was proportional to the level of substitution. The study suggests that only the level of gossypol in cottonseed kernels limits their incorporation in broilers diets and that this by-product should be excluded from the formulation in broilers production or that its level of incorporation should be limited to a maximal level of 10% when production duration is not a constraint for breeders.

Introduction

Le cotonnier, en particulier l'espèce *Gossypium hirsutum*, constitue l'une des plantes les plus cultivées (18) avec une production mondiale qui, actuellement, dépasse les 27 millions de tonnes. Elle est ainsi la première plante textile et également la deuxième ressource en protéines végétales après le soja et la cinquième plante oléagineuse devant l'arachide (28). La filière cotonnière africaine contribue pour environ 12% au PIB, 40% aux recettes totales d'exportation, 70% aux recettes agricoles et emploie plus de 15 millions de personnes (1).

Au Sénégal, avec une production moyenne actuelle de plus de 50.000 tonnes de coton graines (5), la valorisation des graines qui représentent 60% de la production (25) pourrait potentiellement couvrir 15% de la demande en huiles comestibles et plus de 10% des besoins du pays en protéines (26).

Et pourtant la filière avicole sénégalaise qui est en perpétuel essor, surtout au niveau de sa composante moderne avec un chiffre d'affaire estimé à 68 milliards de francs CFA (8), rencontre d'énormes difficultés dans

la fabrication de provende et l'approvisionnement en aliment protéique. La crise enregistrée au niveau de la filière arachidière et qui s'est aggravée en 2003, n'a pas épargné la plupart des industriels qui sont obligés d'importer des concentrés protéiques (3). Les surcoûts associés sont à la charge de l'aviculteur et du consommateur, avec une augmentation du prix de l'aliment.

L'utilisation de la graine de coton ou de ses co-produits dans les provendes pourrait permettre de réduire la demande en tourteaux et donc diminuer le coût de l'aliment volaille, procurant également une plus value auprès des coton-culteurs.

Les effets dépressifs du tourteau de coton sur les animaux monogastriques sont attribués au gossypol (11, 19), aux teneurs élevées en fibre (10) et à la présence d'acides gras cyclopropénoïques (25). Les niveaux d'incorporation du tourteau en production de poulets, rapportés dans la littérature, varient fortement (9, 11, 27) selon les divers traitements appliqués lors de la trituration (20). Ces derniers ont une forte

¹Université de Thiès, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, Département Productions Animales, km 3 route de Khombol, BP A296 Thiès, Sénégal.

²Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Département Phytotechnie tropicale et horticulture, Passage des Déportés, 2 – 5030 Gembloux, Belgique.

³Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Département Productions Animales, 20 Boulevard de Colonster, B 43, 4000 Liège, Belgique.

Auteur assurant la correspondance:

*J.-L. Hornick, Service nutrition du Département productions animales de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Liège, 20 Boulevard de Colonster, B 43, 4000 Liège (Belgique), Tel: +32(0)43664131, Fax: +32(0)43664122, jhornick@ulg.ac.be.

Reçu le 10.02.10 et accepté pour publication le 26.05.10.

incidence sur les teneurs en nutriment - notamment la cellulose (16, 20) - des co-produits de la graine de coton.

Le broyage partiel des graines de coton pour leur décortiquage donne, après tamisage, un produit dont les teneurs en nutriment sont proches de celles de l'amande de coton et sont également moins riches en constituant pariétaux que les tourteaux non décortiqués (20). Les effets d'un tel aliment chez la volaille n'ont jamais été étudiés. Sa possible incorporation pourrait permettre de combler une partie de la demande en tourteau d'arachide et en concentrés protéiques au Sénégal.

C'est dans cette optique qu'une étude a été effectuée pour évaluer les effets, sur les performances des poulets, de la substitution du tourteau d'arachide utilisé traditionnellement dans les provendes pour volaille au Sénégal, par la fève de coton.

Matériels et méthodes

L'expérimentation s'est déroulée à l'ENSA de l'Université de Thiès (Sénégal). Elle a eu lieu à la fin de la saison des pluies caractérisée par de fortes températures (30,9 à 34,0 °C) et une humidité relative élevée (48,0 à 71,5%).

Provenance des aliments

Les graines de coton ont été acquises, après égrenage, auprès de la société SODEFITEX du Sénégal. Un moulin à mil muni d'un tamis de maille 0,7 cm a été utilisé pour libérer l'amande. Le tamisage du produit obtenu a permis de collecter une fraction contenant 94,4% de matière sèche (MS); 6,6% de cendres (Ce); 40,2% d'extrait éthéré (EE); 8,5% de cellulose brute (CB); 33,7% de protéine brute (PB) et 20,2 MJ d'Energie métabolisable (EM) par kg de MS. Les teneurs en gossypol total et libre étaient respectivement de 1.6812 et 9.493 mg/kg.

Le tourteau d'arachide et les céréales ont été acquis, au Sénégal, dans le commerce auprès de grossistes. La farine de poisson, d'origine industrielle, provenait d'AFRIC AZOTE et le CMV, la lysine et méthionine de synthèse ont été fournis par VETAGROPHARMA.

Conduite des animaux

Quatre cents poussins d'un jour non-sexés et de souche Cobb 500 ont été réceptionnés à partir du couvoir de Mbao (Sénégal) et répartis aléatoirement en 4 lots de 2 répétitions, chacune de 50 sujets. Ils ont été élevés en claustration au sol sur litière de copeaux de bois pendant 6 semaines pour des phases (démarrage et croissance) d'égale durée, chaque groupe recevant, pour chaque période d'élevage, un aliment spécifique.

Un groupe témoin (G0) a reçu une ration contenant 25% de tourteau d'arachide. Les animaux des groupes G25, G50 et G75 ont été nourris avec des aliments dont le tourteau d'arachide a été respectivement substitué

par la fève de coton à raison de 25, 50 et 75% (Tableau 1). La ration témoin a été formulée conformément aux recommandations de la «National Research Council» (21) en minimisant le coût de l'aliment, mais aussi pour obtenir des teneurs iso-énergétique et iso-protéiques entre formules.

Durant l'essai, l'eau et l'aliment étaient disponibles à volonté et des pesées hebdomadaires ont été effectuées sur le poids vif. Des vaccinations ont été faites contre la maladie du Newcastle et la bronchite infectieuse dès la réception des poussins (1^{er} jour) et à 22 jours d'âge, et contre la maladie de Gumboro à 8 et 28 jours d'âge. Un anticoccidien a été administré dans l'eau de boisson à 2 et 23 jours d'âge pendant 5 jours consécutifs.

Digestibilité des nutriments

La digestibilité apparente des nutriments (DAN) a été évaluée sur des poulets de même souche avec un poids moyen de 1.300 g. Cinq animaux ont été utilisés par aliment et placés dans des cages individuelles à métabolisme. Après la période d'adaptation (7 jours), les fèces et les refus ont été récoltés tout au long de l'essai qui a duré 7 jours.

La DAN a été calculée sur la base de: $DAN (\%) = 100 \times (NI - NF) / NI$; avec NI et NF qui désignent respectivement les teneurs en nutriment ingéré et fécal.

Analyses chimiques et calculs

Les analyses chimiques ont été faites conformément aux méthodes de l'AOAC (1) et l'EM a été évaluée à partir de EM vraie (Mj/kg.MS) = $(3951 + 54,4.EE - 88,7.CB - 40,8.Ce) \times 0,004184$ où EE (Extrait éthéré), CB (Cellulose brute) et Ce (Cendre) sont exprimés en pourcentage (%) de la MS (15).

Les teneurs en aflatoxines (B1, B2, G1 et G2) ont été déterminées par chromatographie sur couche mince et le gossypol (total et libre) a été dosé par colorimétrie avec détermination de la densité optique à 440 nm après emplois de solution étalon.

Les retards de croissance (RC) des groupes G25, G50 et G75 par rapport au lot témoin (G0) ont été calculés à partir de la formule: $RC (\%) = ((P - P_0) / P_0) \times 100$ et où P_0 désigne le poids des animaux du témoin et P celui du groupe G25, G50 et G75.

Les corrélations entre le niveau d'incorporation de coton et certains paramètres zootechniques (mortalité, poids vif et ingestion) ont été réalisées à partir du logiciel Microsoft Excel.

Analyse des données

Les données non individualisables ont fait l'objet d'une simple statistique descriptive. Les autres données ont été analysées à l'aide d'un modèle généralisé linéaire (Proc GLM) du SAS (19). Le modèle utilisé a été le suivant:

Tableau 1
Formules et composition chimique estimée et déterminée (démarrage et croissance) d'un aliment témoin contenant 25% de tourteau d'arachide (G0) et d'aliments où ce tourteau a été substitué à raison de 25 (G25), 50 (G50) et 75% (G75) par la fève de coton conventionnel

	Aliments démarrage				Aliments croissance			
	G0	G25	G50	G75	G0	G25	G50	G75
Aliments								
Maïs	20,00	25,00	23,00	20,00	42,00	42,00	32,00	30,00
Mil	36,50	33,50	37,00	40,50	21,00	22,50	35,00	36,00
Tourteau d'arachide	25,00	18,75	12,50	6,25	25,00	18,75	12,50	6,25
Fève de coton	0,00	6,25	12,50	18,75	0,00	6,25	12,50	18,75
Farine de poisson	9,00	10,00	10,50	11,00	2,75	3,25	3,25	4,50
Phosphate tricalcique	1,24	0,30	0,00	0,00	1,50	1,50	0,50	0,25
Huile d'arachide	5,00	3,00	1,00	0,00	5,00	3,00	1,00	0,00
Lysine de synthèse	0,16	0,15	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
Méthionine de synthèse	0,10	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Prémix minéralo-vitaminé	3,00	3,00	3,20	3,20	2,50	2,50	3,00	4,00
Composition calculée								
E.M. (Kcal/kg.MS)	3203	3219	3217	3271	3259	3252	3268	3291
Protéine Brute (%)	23,7	23,7	23,8	23,6	20,5	20,4	20,4	20,5
Lysine (%)	1,2	1,3	1,4	1,4	0,9	1,0	1,0	1,2
Méthionine (%)	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6
Calcium (%)	1,8	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,3	1,5
Phosphore disponible (%)	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6
Matière grasse (%)	9,7	9,7	9,7	10,6	9,8	9,8	9,8	10,6
Cellulose Brute (%)	5,2	5,2	5,3	5,2	5,4	5,4	5,4	5,4
Rapport (EM/PB)	135	136	135	139	159	160	160	160
Prix (en Fcfa)	254,4	235,6	221,6	210,7	239,7	221,6	204,1	201,5
Composition déterminée								
Protéine Brute (%)	20,5	21,3	21,7	20,0	19,5	17,4	18,0	19,5
Matières Grasse (%)	12,2	10,9	9,9	11,1	10,0	9,6	6,6	6,8
Celluloses Brute (%)	2,5	3,2	2,7	2,3	2,7	2,3	2,6	3,2
Matière sèche (%)	93,3	93,6	92,7	93,4	93,7	93,3	93,2	93,7
Cendre (%)	6,3	7,6	7,5	8,8	7,6	6,8	12,1	11,5
Calcium (%)	11,1	9,8	10,0	12,8	10,2	8,9	11,7	16,7
Phosphore disponible (%)	8,8	7,6	8,2	9,5	8,3	7,2	7,7	9,1
Potassium (%)	5,6	5,4	5,6	5,0	5,6	4,9	5,9	6,0
Sodium (%)	1,0	0,8	0,9	1,3	0,5	0,5	0,8	1,1
Magnésium (%)	2,2	1,9	2,2	1,8	1,8	1,8	2,3	2,6
Gossypol total (ppm)	0,0	580	1930	2507	0,0	734	1807	2642
Gossypol libre (ppm)	0,0	562	1338	1751	0,0	528	1224	1552

EM : Energie métabolisable

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Où, μ : moyenne général

α_i : effet de la substitution du tourteau d'arachide par la fève de coton i

β_j : effet de la répétition j

$\alpha\beta_{ij}$: effet de l'interaction entre le niveau de substitution i et la répétition j

ε_{ijk} : écart résiduel aléatoire

Résultats

Performances pondérales

Les performances pondérales des animaux ont été significativement ($p < 0,001$) affectées par le niveau de substitution (Tableau 2). La répétition par contre n'a eu aucun effet sur les poids durant les phases démarrage ($p = 0,863$) et croissance ($p = 0,994$).

Les poulets du groupe G0 ont réalisé les meilleures performances (353 et 991 g respectivement en fin de démarrage et de croissance). Avec l'incorporation de la fève de coton, une réduction significative des poids vifs a été observée et, déjà à 25% de substitution (G25), une diminution de plus que la moitié des performances des poulets a été notée, conduisant à la fin de l'essai à un poids moyen de 466 g (Figure 1). L'impact négatif des fèves de coton a été proportionnel au niveau d'incorporation et, tout niveau supérieur a réduit d'environ 50% le poids final des animaux par rapport au groupe de niveau inférieur donnant ainsi chez les volailles des groupes G50 et G75 des poids

vifs moyens finaux respectifs de 266 et 192 g. Par rapport aux volatiles du groupe G0, les poulets des lots G25, G50 et G75 ont connu des retards de croissances qui, dès le 15^{ème} jour, ont atteint respectivement -40%, -72% et -82% (Figure 2). Ces écarts se sont stabilisés, durant la phase croissance, autour de -64%, -80% et -87% respectivement.

Les gains quotidiens moyens (GQM) ont été plus importants chez les volailles du groupe G0 (14,8 et 30,4 g respectivement en démarrage et croissance) et les retards de croissance dans les autres groupes se sont traduits par des réductions similaires avec le

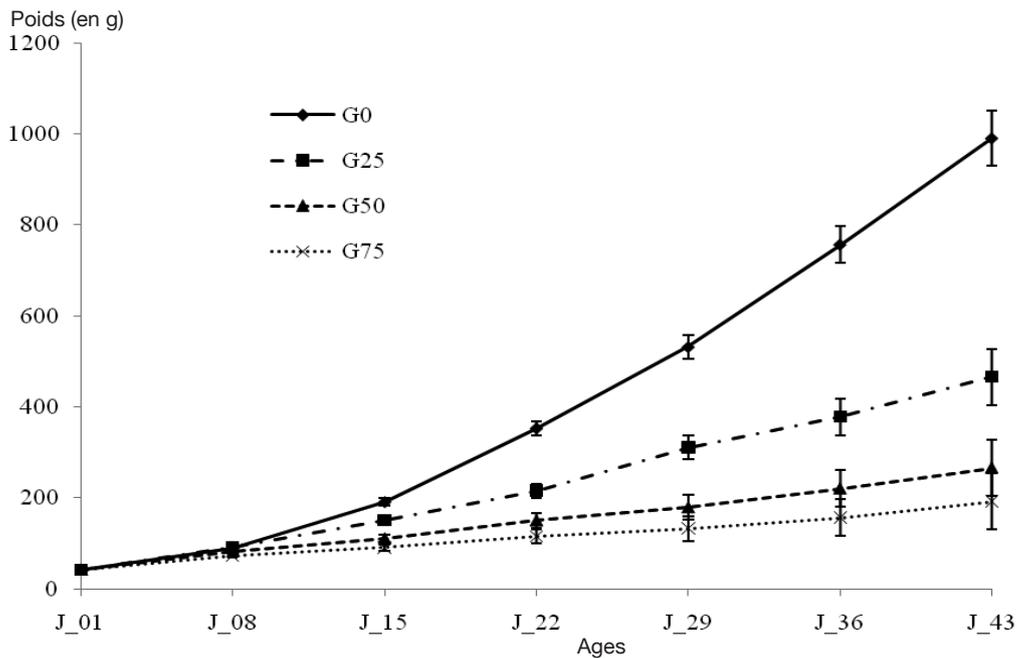


Figure 1: Evolution du poids vif de poulets ayant reçu un aliment contenant 25% de tourteau d'arachide (G0) ou des aliments où ce tourteau d'arachide a été substitué à raison de 25 (G25), 50 (G50) et 75% (G75) par la fève de coton conventionnel.

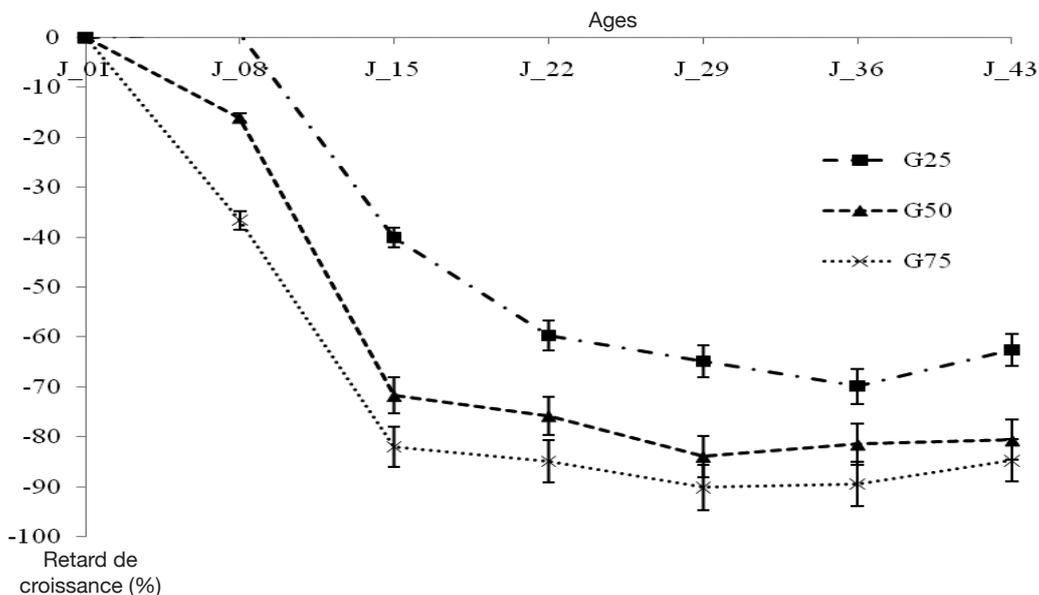


Figure 2: Evolution du niveau de retard de croissance de poulets ayant reçu un aliment contenant 25% de tourteau d'arachide (G0) ou des aliments où ce tourteau d'arachide a été substitué à raison de 25 (G25), 50 (G50) et 75% (G75) par la fève de coton conventionnel.

Tableau 2
Performances zootechniques, digestibilité des nutriments et évaluation économique chez des poulets ayant reçus un aliment contenant 25% de tourteau d'arachide (G0) ou des aliments où ce tourteau d'arachide a été substitué à raison de 25 (G25), 50 (G50) et 75% (G75) par la fève de coton conventionnel

	G0	G25	G50	G75	Pr > F	ETM
Performances zootechniques						
Poids vifs (g)						
Initial (J_01)	43	42	42	42	0,929	0,62
Fin du démarrage (J_21)	353a	216b	179c	115d	<0,001	7,66
Final (J_43)	991a	466b	266c	192c	<0,001	27,53
Gains quotidien moyens (g/j)						
Démarrage	14,8	8,3	5,1	3,5	-	-
Croissance	30,4	11,9	5,5	3,7	-	-
Prise alimentaire cumulée (g)						
Démarrage	627	358	245	174	-	-
Croissance	1734	825	457	280	-	-
Indice de consommation						
Démarrage	1,59	1,83	2,08	2,29	-	-
Croissance	2,72	3,30	3,95	3,64	-	-
Mortalité (%)						
Démarrage	15,15	12,00	18,00	28,28	-	-
Croissance	1,01	2,00	3,00	25,25	-	-
Digestibilité (%)						
Démarrage						
Matières sèches	64,8a	62,7ab	57,7b	47,4c	<0,001	0,99
Matières organiques	71,6a	66,8ab	60,8b	49,9c	<0,001	0,92
Extraits éthérés	65,8a	62,8a	60,8ab	56,5b	<0,001	0,89
Croissance						
Matières sèches	66,9a	62,6ab	60,0b	57,7c	<0,001	0,99
Matières organiques	71,3a	64,1ab	62,3bc	55,5c	<0,001	0,92
Extraits éthérés	67,2a	64,1b	60,3c	57,9c	<0,001	0,89
Calculs économique*						
A- Coût des poussins (370 Fcfa/poussin)	37 000	37 000	37 000	37 000	-	-
B- Coût total de l'aliment (Fcfa)	24 222	11 588	5 932	2 828	-	-
C- Coût des produits vétérinaire (Fcfa)	5 375	5 375	5 375	5 375	-	-
D- Charges de productions (A+B+C)	66 597	53 963	48 307	45 203	-	-
Nombre de poulets commercialisés	84	86	79	46	-	-
Poids moyens (kg)	0,991	0,466	0,266	0,192	-	-
G- Recettes (1598 Fcfa/kg)	132 996	64 040	33 546	14 136	-	-
Marge brute (G – D)	66 399	10 077	-14 760	-31 067	-	-
Marge brute par poussin départ	664	101	-148	-311	-	-

ETM : Ecart-type de la moyenne; a, b, c: les moyennes n'ayant pas de lettres en commun dans une ligne sont significativement différentes au seuil P < 0,05)*. Ces calculs économiques n'ont pas tenu compte de l'amortissement du matériel d'exploitation et du poulailler.

niveau de substitution, pour des croûts de moins de 4 g/jour avec le groupe G75.

La consommation alimentaire cumulée a connu une influence liée aux traitements similaire, à savoir une diminution progressive de l'ingestion avec le niveau de substitution du tourteau d'arachide. Chez les poulets du groupe G0, l'ingestion moyenne a été

de 627 g et 1.734 g par sujet durant respectivement les phases démarrage et croissance. Au niveau des groupes G25, G50 et G75, cette ingestion a diminué de respectivement - 47,7%, - 67,3% et - 78,1%, correspondant dans ce dernier cas à une ingestion d'environ 10 g/jour.

L'indice de consommation (IC) de la ration du groupe

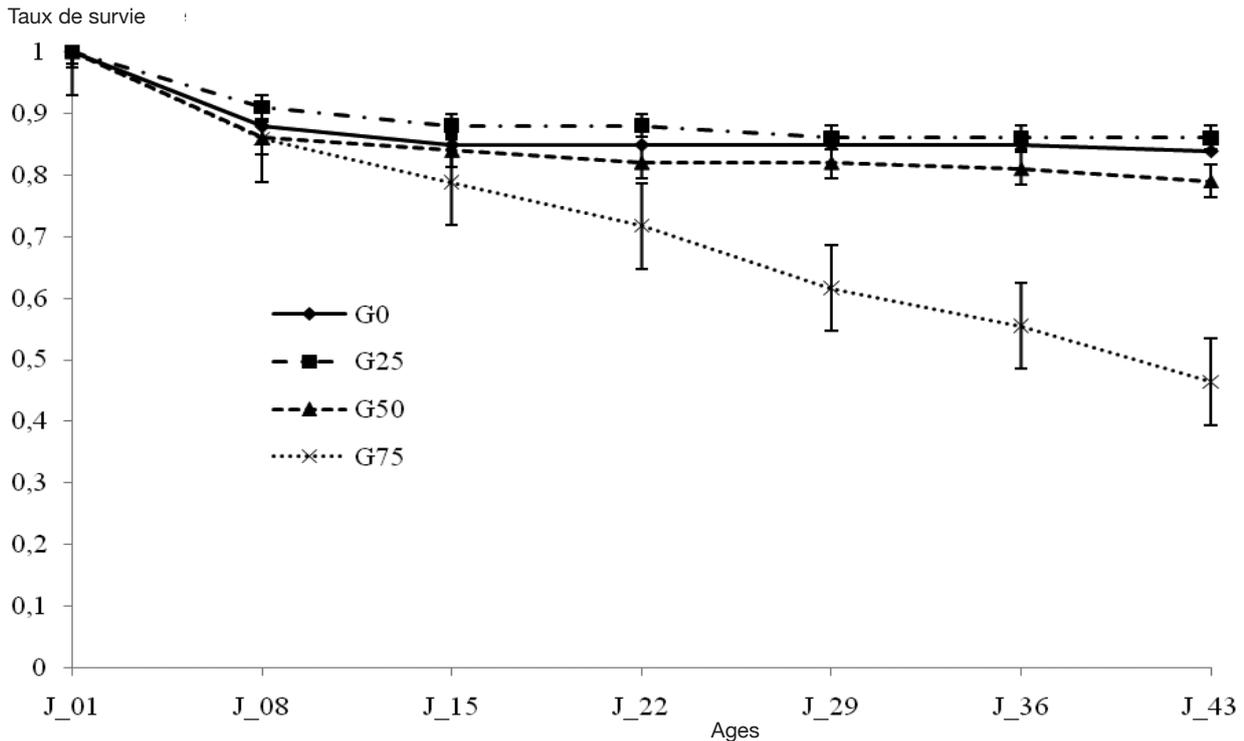


Figure 3: Evolution du taux de survie de poulets ayant reçus un aliment contenant 25% de tourteau d'arachide (G0) ou des aliments où ce tourteau d'arachide a été substitué à raison de 25 (G25), 50 (G50) et 75% (G75) par la fève de coton conventionnel.

G0 a été la plus faible (1,59 et 2,72 avec respectivement les aliments démarrage et croissance). L'IC des rations a augmenté, bien qu'assez modérément, avec le niveau de substitution du tourteau d'arachide.

Une forte mortalité a été enregistrée au démarrage de l'essai avec plus de 15% chez les poulets du groupe G0. Durant la phase croissance, les mortalités ont été plus marquées au niveau du groupe G75 où elles ont dépassé plus de 50% (Figure 3).

Digestibilité des nutriments

La digestibilité des divers nutriments a été fortement influencée ($p < 0,001$) par les niveaux de substitution (Tableau 2). Elle a été maximale pour les aliments du groupe G0 (plus de 71% pour la MO) et a diminué avec le niveau d'incorporation de la fève pour atteindre moins de 50 et 58%, respectivement pour les rations démarrage et croissance du groupe G75. La digestibilité de la MO a été la plus élevée (plus de 71%) dans le groupe G0, celles des EE et de la MS étant presque similaires.

Evaluation économique

L'augmentation du taux de fève de coton dans la ration en substitution du tourteau d'arachide a entraîné une diminution relativement modeste du prix de l'aliment (Tableau 1). L'utilisation d'aliment contenant la fève de coton a permis de réduire le coût alimentaire et la charge de production (Tableau 2); la diminution du poids final des animaux et, pour les groupes G50 et G75, du nombre d'animaux commercialisés, a réduit drastiquement les recettes. A partir de 50% de

substitution, la marge brute a été négative.

Discussion

Performances zootechniques

Les performances réalisées par les animaux témoins ont été faibles avec moins de 1.000 g après 6 semaines d'élevage. Celles-ci pourraient s'expliquer par la période expérimentale (4) qui a coïncidé avec la saison des pluies caractérisée par une ambiance climatique contraignante où les températures et l'humidité relative ont atteint jusqu'à 34 °C et 71,5% respectivement. En effet, chez la volaille, au-delà de 30 °C, la production ainsi que les besoins associés diminuent significativement, avec une réduction de l'ingestion concomitante à une baisse des performances.

L'hypothèse d'une mauvaise conservation du tourteau d'arachide acquis dans le commerce, entraînant le développement de mycotoxines, n'a pas été écartée pour expliquer les faibles performances du groupe témoin (6).

Par ailleurs, ces faibles performances des témoins pourraient également être liées à un phénomène d'oxydation des lipides du mélange. En effet, il n'y avait pas d'antioxydant dans les provendes, et l'huile d'arachide incorporée dans les aliments afin d'assurer des conditions iso-lipidiques a pu s'oxyder. Le phénomène a moins de chances de s'être produit avec les fèves de coton car ces dernières sont très riches en vitamine E (16) et d'autre part, ses huiles sont vraisemblablement mieux protégées à l'intérieur

des cellules de la fève.

Le taux d'incorporation de la fève de coton a eu un effet négatif quasi géométrique sur les poids vifs des poulets. En effet, l'incorporation de coton s'est accompagnée d'une augmentation du niveau de gossypol et surtout du GL dans les aliments (1.200 et 1.500 ppm à respectivement 50% et 75% de substitution). Or, l'effet dépressif de cette toxine sur la croissance des poulets a été rapporté par plusieurs auteurs (9, 10). Elle est à l'origine de la diminution de l'ingestion mais également de la formation, avec les résidus aminés libres des protéines – en particulier celle de la lysine – de bases de Schiff (13) qui réduisent la digestibilité des protéines (10).

Cette toxicité était d'autant plus prévisible que les fèves de coton n'ont subi aucun traitement chimique, thermique ou mécanique susceptible de réduire la teneur en GL en le dégradant, en l'éliminant ou en le fixant sur les protéines de la fève.

L'incorporation de la fève de coton a entraîné une diminution significative de la prise alimentaire, se surajoutant au niveau de consommation déjà faible des animaux témoins. L'effet du gossypol sur l'ingestion a déjà été rapporté dès 244 mg de GL/kg (14). Le caractère amer du GL ainsi que la toxicité de cette substance sont vraisemblablement à l'origine des faibles prises alimentaires liées aux rations G25, G50 et G75.

Les indices de consommation obtenus ont été supérieurs à ceux rapportés par la plupart des auteurs (11, 13, 29, 22) qui ont travaillé dans une meilleure ambiance climatique. Cependant, des IC proche de ceux des rations G0 et G25 ont également été rapportés (27).

De manière surprenante, les résultats de cette étude montrent que la conversion alimentaire est restée satisfaisante, même avec les rations extrêmes. Cela est d'autant plus étonnant qu'avec une consommation journalière moyenne de l'ordre de 11 g par jour, les animaux du groupe G75 dépassaient de peu une consommation couvrant les besoins liés à leur métabolisme basal. Le très faible poids de ces animaux situe toutefois ces besoins à environ 5 g d'aliment, laissant une marge pour la production de viande.

Ces considérations évoquent la difficulté de définir la notion de performances et nécessitent de développer un calcul économique relatif aux différentes stratégies utilisées. En effet, si le temps de production n'est pas une contrainte, les formules alimentaires autorisant la consommation maximale ne sont pas nécessairement plus profitables.

Cependant, l'évaluation de la marge brute (MB) révèle que cette activité n'est plus rentable à partir de 50% de substitution du tourteau d'arachide par la fève de coton et que même avec la plus faible incorporation de cet aliment, les recettes qui diminuent de moitié, conformément aux poids, conduisent à des marges

très faibles. Toutefois, dans un contexte de production extensive villageoise, où les coûts des poussins et les frais de santé sont considérés comme négligeables et où le facteur temps n'est pas déterminant pour les éleveurs, le coût de l'aliment devient prépondérant. Les fèves de coton comme supplémentation dans une alimentation d'animaux divagants pourraient alors se concevoir.

Le fait que les fèves de coton aient eu un impact si immédiat et important sur la consommation alimentaire et les performances zootechniques qui en découlent, alors que l'indice de consommation a beaucoup moins varié, doit amener à se poser la question de savoir si les fèves ont, ou non, une valeur intrinsèque et dans ce dernier cas si elles ont un impact négatif net sur la valorisation des autres ingrédients de la ration. Répondre à cette question nécessiterait de comparer les résultats obtenus avec des formules alimentaires dans lesquelles la fraction substituante (25, 50, 75%) serait retirée du mélange, sans que l'apport correspondant en tourteau d'arachide soit restitué, ou à tout le moins à concurrence de la valeur économique de la fraction retirée. Ces rations, plus pauvres en protéines, devraient être offertes à quantités journalières égales à celles obtenues avec les rations expérimentales actuelles. Des performances plus élevées signifieraient que les fèves exercent un effet négatif sur les autres constituants de la ration. A contrario, des performances inférieures signifieraient que les fèves de coton possèdent une valeur alimentaire nette positive. A défaut de pouvoir réaliser ces expériences, il est difficile d'affirmer que les fèves de coton peuvent être distribuées comme supplément chez des éleveurs traditionnels de poulets en liberté. Chez ces derniers, en effet, le prix du poussin et les frais vétérinaires peuvent être négligés, et le temps de production n'est pas une contrainte.

Les mortalités enregistrées dépassent la norme en aviculture au Sénégal, qui est de 5%. Les mortalités au démarrage sont vraisemblablement liées à l'ambiance climatique (7). Par contre en croissance, l'analyse des courbes de survie attribue une demi-vie de 40 jours environ aux animaux du groupe G75, valeur qui se démarque significativement des autres. Ceci remet au premier plan le caractère toxique du coton conventionnel, lié à la forte teneur en GL des provendes (13, 29).

Le tableau 3 indique les équations qui, parmi celles qui sont classiquement utilisées pour décrire des phénomènes biologiques, présentent les corrélations les plus élevées avec les données observées de mortalité, de poids vif et d'ingestion, liées aux taux d'incorporation des fèves de coton. Les modèles sont de type exponentiel, excepté celui décrivant la mortalité, qui est caractérisé par une valeur constante de 15,5%; jusqu'à des taux d'incorporation de 42%, puis par une évolution de type exponentiel. Le taux de base représenterait alors l'impact lié aux conditions

Tableau 3

Equations de prédictions de la mortalité (M), du poids vif (PV) et de l'ingestion (I) chez des poulets en fonction du taux d'incorporation de fèves de coton conventionnel dans la ration

	Equations	R ²
Mortalité (M)	si $\tau < 42\%$, alors $M = 15,5$ si $\tau > 42\%$, alors $M = 3,29 \times e^{(0,037 \times \tau)}$	0,993
Poids vif (PV)	$PV \text{ (en g)} = 891,63 \times e^{(-0,022 \times \tau)}$	0,970
Ingestion (I)	$I \text{ (en g)} = 2205,9 \times e^{(-0,022 \times \tau)}$	0,989

M: mortalité (%); τ : Taux d'incorporation de coton dans la ration (en %) avec $0 \leq \tau \leq 100$

climatiques. Ceci suggère que l'effet négatif des fèves de coton est géométrique sur les principales performances zootechniques mais que les animaux présentent une tolérance de survie jusqu'à des taux d'environ 40% de substitution ou 10% d'incorporation dans la provende. Cette tolérance est assurée en partie par une réduction de la consommation alimentaire des animaux. En tout état de cause, ces résultats permettent de conseiller une limite maximale d'incorporation de fève de coton conventionnel de l'ordre de 10% dans la ration.

Digestibilité des nutriments

Comparée aux résultats de Ojewola et ses collaborateurs (22), la digestibilité de l'EE et de la MS ont été très faibles (respectivement 56,51 à 67,22% et 47,38% à 66,86% contre 91,47 à 95,57% et 81,98 à 85,72%). Dans les groupes recevant la fève, la digestibilité globale s'est toutefois révélée dans l'ensemble très faible (jusqu'à moins de 50%) suggérant

ainsi que les animaux du groupe G75 ont quasiment souffert d'inanition suite au cumul d'une faible consommation et d'une faible digestibilité, expliquant vraisemblablement la mortalité enregistrée.

Conclusion

Au contraire des tourteaux de coton, la fève est un produit pauvre en constituants pariétaux et très riche en lipides, justifiant ainsi de l'évaluer en production avicole. L'utilisation de la fève de coton dans les aliments pour poulets pose, comme attendu, de sérieux problème d'appétibilité et de toxicité pour les animaux. Néanmoins, incorporée à des taux ne dépassant pas 10% de la ration, la fève n'augmente pas la mortalité des animaux et reste relativement bien valorisée. Elle pourrait ainsi constituer une ressource protéique chez les éleveurs qui ne sont pas soumis à une contrainte de temps lors du processus d'élevage. Ces résultats laissent envisager que certaines variétés de coton plus pauvres en gossypol pourraient être particulièrement bien valorisées et absorber une partie de la demande en aliment protéique chez les industriels.

Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre du projet « PIC » portant sur l'amélioration de la rentabilité de la filière cotonnière du Sénégal et financé par la Commission Universitaire au Développement (CUD) de la Belgique. Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à cette organisation.

Références bibliographiques

- Amehou S., Les négociations de juillet 2004, l'insertion du coton dans le dossier agricole et la mise en place du sous comité du coton: Conséquences et enjeux. 23-32. In: Hazard E., Négociation commerciales internationales et réduction de la pauvreté: Le livre blanc sur le coton. Enda ed. : Dakar, 2005, 164 p.
- AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Barry importations de volaille: le secteur avicole menacé de disparition. [en ligne] (15/06/2004) Adresse URL http://www.africatime.com/Senegal/nouvelle.asp?no_nouvelle=125195&no_categorie= Consulté le 02/04/2006.
- Buldgen A., Parent R., Steyaert P. & Legrand D., 1996, Aviculture semi-industrielle en climat subtropical: guide pratique. Les presses agronomiques de Gembloux, p.122.
- Dagris, Sénégal: les clés d'une performance, La lettre de Dagris n°21. [en ligne] (05/2007) Adresse URL <http://www.sodefitec.sn/pdf/lettre%20Dagris%2021.pdf> Consulté le 19/04/2009.
- Danick S., 2002, Prevention and control mycotoxins in the poultry production chain: a European view. Poultry Sci. J. 58, 451-467.
- Diaw M.T., Dieng A., Mergeai G., Youssouf I., Dötterpe O. & Hornick J.-L., Effect of groundnut cake substitution by glandless cottonseed kernels on broilers production: animal performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and fatty acid composition of muscle and fat. Int. J. of Poultry Sci. 2009, (in press).
- Direction de la Prévision et des Statistiques, Statistique 2008 de la filière avicole moderne du Sénégal, Cimel de Mbao ed.: Dakar, 2009, 20 p.
- El-Boushy A.R. & Raterink R., 1989, Replacement of soybean meal by cottonseed meal and peanut meal or both in low energy diets for broilers. Poultry Sci. 68, 799-804.
- Fernandez S.R., Zhang Y. & Parson C.M., 1994, Effect of overheating on the nutritional quality of cottonseed meal. Poultry Sci. 73, 1563-1571.
- Gamboa D.A., Calhoun M.C., Kuhlmann S.W., Haq A.U. & Bailey C.A., 2001, Use of expander cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible Amino acid Basis. Poultry Sci. 80, 789-794.
- Guerre P., Galtier P. & Burgat V., 1996, Les aflatoxicoses chez l'animal: des manifestations cliniques mécanismes d'action. Rev. Méd. Vét. 147, 497-518.
- Henry M.H., Pesti G.M., Bakalli R., Lee J., Toledo R.T., Eitenmiller R.R. & Phillips R.D., 2001, The performance of broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal with Lysine. Poultry Sci. 80, 762-768.
- Husby F.M. & Kroening G.H., 1971, Energy value of cottonseed meal for swine. J. Anim. Sci. 33, 592-603.
- Institut National de Recherches Agronomiques, 1984, L'alimentation des animaux monogastriques: porcs, lapin, volailles (Eds) INRA Paris, Cedex 07, 23, 282 p.
- Lennerts L., 1988, Oil cakes and oil seeds as raw material for the production of feed mixtures. Seven feedstuffs made from cottonseed. Oik. Ols Roh. Misch. Prod. 129, 504-505.
- Lordelo M.M., Davis A.J., Calhoun M.C., Dowd M.K. & Dale N.M., 2005, Relative toxicity of gossypol enantiomers broilers. Poultry Sci. 84, 1376-1382.
- Mergeai G., Baudoin J.P. & Vroh Bi I., 1997, Exploitation of trispecific hybrids to introgress the glandless seed and glanded plant trait of *Gossypium sturtianum* Willis into *G. hirsutum* L. Biotech. Agron. Soc.

Environ. 1, 272-277.

19. Morgan S.E., Stair E.L., Martin T.M., Edwards W.C. & Morgan L., 1988, Clinical, clinicopathologic, pathologic, and alterations associated with gossypol toxicosis in feeder lambs. *Am. J. Vet. Res.* 49, 493-499.
20. Nagalakshmi D., Savaran V., Rama R., Arun K.P. & Vadali R.B.S., 2007, Cottonseed meal in poultry diets: a review. *Int. J. of Poult. Sci.*, 44, 119-134.
21. National Research Council, 1994, Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Academy Press Washnigton, DC.
22. Ojewola G.S., Ukachuckwu S.N. & Okulonye E.I., 2006, Cottonseed meal as substitute for soybean meal in broiler ration. *Int. J. of Poult. Sci.* 5, 360-364.
23. Percy R.G., Calhoun M.C. & Kim H.L., 1996, Seed gossypol variation within *Gossypium barbadense*. *L. Cotton Crop. Sci.* 36, 193-197.
24. Statistical Analysis System, 1999, Statistics User Guide, Statistical Analysis system, 5th ed., 8.2 version, Carry, NC: SAS Institute Inc.
25. Schmidely P. & Sauvant D., 2001, Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants: effets de l'apport de matière grasse ou d'aliment concentré. *INRA Prod. Anim.* 14,5, 337-354.
26. Sekhar-Reddy P., Sudhakar-Reddy P., Satyanarayana-Reddy P.V.V. & Srinivasa Rao D., 1998, Influence of cottonseed cake on the performance of broilers. *Indian J. Anim. Nutr.* 15, 188-193.
27. Sy M., 2006, Effets de l'incorporation d'amande de coton gossypolé sur les performances de poulets de chair (Mémoire). ENSA (Sénégal), 49 p.
28. Texier P.H., 1993, Le coton, cinquième producteur mondial d'huile alimentaire. *Cotton Dev.* 8, 2-3.
29. Watkins S.E., Saleh E.A. & Waldroup P.W., 2002, Reduction in dietary nutrient density aids in utilization of high protein cottonseed meal in broiler. *J. Poult. Res.* 1, 53-58.

M.T. Diaw, Sénégalais, DEA en Productions et Santé animales de l'Université de Liège (en 2007), Ingénieur Agronome, Option Productions animales (ENSA), Assistant de Recherche/Enseignement au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de l'ENSA de Thiès, Sénégal.

A. Dieng, Sénégalais, Doctorat (PhD) en Zootechnie (FUSAGx), Ingénieur Agronome, Option Zootechnie (ENSA), Enseignant/Chercheur (Maître de conférences) au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de l'ENSA de Thiès, Sénégal.

G. Mergeai, Belge, Doctorat (PhD) en Amélioration des plantes tropicales (FUSAGx), Ingénieur Agronome (FUSAGx), Professeur au niveau de l'Unité de Phytotechnie tropicale et Horticulture de Gembloux Agro-Biotech de l'ULg, Belgique.

M. Sy, Sénégalais, Ingénieur Agronome, Option Productions animales (ENSA), Responsable d'exploitation de la ferme agropastorale de Kébémér, Ferme Agropastoral de Kébémér Sénégal.

J.-L. Hornick, Belge, Agrégation (PhD) de l'Enseignement Supérieur (ULg), Licence en Zootechnie (ULg), Licence en Santé et Production animale en Milieu Tropical (IMT), Docteur en Médecine Vétérinaire (ULg). Agrégé de Faculté au niveau du service Nutrition de la Faculté de Médecine Vétérinaire (FMV) de l'Université de Liège, Belgique.

Seeds' Germination of Four Traditional Leafy Vegetables in Benin (LFT)

C.A. Etèka, B.C. Ahohuendo*, L.E. Ahoton, S.D. Dabadé & A. Ahanchédé

Keywords: Domestication- Leafy vegetables- Germination- Dormancy- Benin

Summary

Many African traditional leafy vegetables such as *Acmella uliginosa*, *Ceratotheca sesamoides*, *Justicia tenella* and *Sesamum radiatum* have been under domestication in the rural areas. Experiments were conducted in Benin to test the germination ability of their seeds. The seeds were subjected to 4 treatments and seeds without treatment served as control. The experimental design was a completely randomized block with 3 replications. With a germination rate above 80%, seeds of *J. tenella* did not demonstrate seed dormancy. Similarly, the germination rate of *A. uliginosa* seeds without pappus was above 85% unlike the seeds with pappus whose germination rate was 15%. The germination of the seeds of *S. radiatum* and *C. sesamoides* was very low (< 15%). However, the seeds of *S. radiatum* with low water content (8.77%) and immersed in water for 24 hours gave the best germination rate (50%), whereas under the same conditions with *C. sesamoides* no germination was observed. The seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum* were dormant. Meanwhile, to ensure better germination of *A. uliginosa*, the pappus must be removed from its seeds.

Résumé

Germination des graines de quatre légumes feuilles traditionnels consommés au Bénin (LFT)

Plusieurs espèces de légumes feuilles traditionnels sont en cours de domestication au Bénin. Des essais ont été conduits pour tester les conditions de germination des graines d'*Acmella uliginosa*, *Ceratotheca sesamoides*, *Justicia tenella* et *Sesamum radiatum*. Les graines ont été soumises à quatre traitements, et le témoin est constitué de graines sans traitement. Le dispositif expérimental est le bloc complètement aléatoire avec 3 répétitions. Avec un taux de germination supérieur à 80%, les graines de *J. tenella* n'ont pas présenté de dormance. Le taux de germination des graines sans aigrette d'*A. uliginosa* a été supérieur à 85% contrairement aux graines avec aigrette (15%). Les taux de germination des graines de *S. radiatum* et de *C. sesamoides* sont restés également très faibles (< 15%). Cependant, les graines de *S. radiatum* à faible teneur en eau (8,77%) et trempées dans l'eau pendant 24 heures ont donné le meilleur taux de germination (50%), par contre, chez *C. sesamoides* aucune germination n'a été notée. Les graines de *C. sesamoides* et de *S. radiatum* ont montré de dormance. Pour assurer davantage la germination d'*A. uliginosa* en pépinière, les graines doivent être débarrassées de leur aigrette.

Introduction

African traditional leafy vegetables are plant species, wild or cultivated, originated or naturalized in Africa, and whose leaves are used in diet (17). They are very rich in nutrients (11) and play an important role for subsistence and boost the income of the populations in rural areas (1, 17). Apart from nutritional qualities, several species of these traditional leafy vegetables have medicinal properties (8). In Benin, Codjia *et al.* (7) recorded 162 forest plant species consumed by local populations and reported that the leafy vegetables ranked second after the fruits. Adjatin (2) listed over 180 traditional leafy vegetables, including *Acmella uliginosa* (Sw.) Cass. (Asteraceae), *Ceratotheca sesamoides* (Endl.) (Pedaliaceae), *Justicia tenella* (Nees) T. Anderson (Acanthaceae), *Sesamum radiatum* (Schumach. & Thonn.) (Pedaliaceae), commonly consumed in Benin by many ethnic groups rather as

wild vegetables than cultivated plants (14).

Unlike the cultivated species, seeds from wild species are generally dormant (15). Some farmers who started the domestication of the four above mentioned vegetables are faced with low germination of seeds including those of *C. sesamoides*, *S. radiatum* and *A. uliginosa*. Therefore, there is a dire need to provide farmers with qualified seeds, since there is no report on the germination of the seeds of these species.

To promote the production of the four leafy vegetables, a vast research program including the farming systems, the conservation, the genetic and biochemical variability, the biology of development and the regime of reproduction, the nutritional quality, the local taxonomy of the 4 species in relation to the socio-economic groups, has been funded by the Scientific Council of the University of Abomey-Calavi

Crop Production Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of Abomey-Calavi, 01 BP 526, Cotonou, Republic of Benin.

*(00229) 90 01 54 77 / 97 44 98 59, ahohuendoc@daad-alumni.de

Received on 07.12.09 and accepted for publication on 02.06.10.

in Benin. The main objective of the present study was to determine the optimal germination conditions of the four species under domestication in Benin.

Materials and methods

Determination of water content of seeds

The seeds of the four legumes were collected on-farm at Savè (Center of Benin) and multiplied at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) in Abomey-Calavi (6°25 N 2°19 E), Benin for 4 months. At harvest, the water content (w.c.) of the seeds was determined by oven drying at 105 °C for 16 hours (15), and calculated using the following formula:

$$w.c. = \frac{100x(iW - fW)}{iW}$$

where *iW* and *fW* were the initial weight and final weight respectively after drying in the oven.

Determination of seed viability

In order to check whether the seeds were dormant or not, they were, at harvest, sun dried for 8 hours, and then divided into 3 lots per species. Twenty seeds from each lot were plated per Petri dish containing moistened sterilized Whatman filter paper and incubated at room temperature (15). The germinated seeds were checked daily from day 4 to day 15.

Break of *C. sesamoides* and *S. radiatum* seeds dormancy

In one experiment, the seeds were subjected to four different treatments: water at 100 °C, water at 80 °C, sulfuric acid at 95% and oven drying at 80 °C as suggested by Velepini *et al.* (21) in order to soften seeds tegument. The seeds were immersed for different durations: 30 seconds, 1 minute and 3 minutes. The control consisted of the seeds without any treatment. After 30 seconds, 1 minute and 3 minutes, seeds immersed in hot water were immediately plated in Petri dishes whereas those treated with sulfuric acid were rinsed with running tap water and then plated in Petri dishes. In another experiment, seeds of the same species were divided into lots of seeds obtained immediately at harvest, seeds obtained after one, two, three and eight days of sun drying. Each seed lot was divided into two sub-lots: the first sub-lot was subjected to direct sowing in Petri dishes while the second sub-lot was immersed for 24 hours in tap water at room temperature before plating in Petri dishes. The water-soaking treatment was based on the works of Prins & Maghembe (13), Moussa *et al.* (12) and the habit of the farmers in Benin who are accustomed to soak the seeds in water for one to two nights before planting. The experiment was set up in three replications of each sub-lot and arranged in a completely randomized bloc design.

Determination of the *A. uliginosa* seeds' germination

During the trials, it appeared that, the *A. uliginosa* seeds presented two morphological aspects: some seeds were with papus while some did not have. Then, at harvest, the *A. uliginosa* seeds were split up into seeds with no papus, seeds with papus and exposed to sun-drying for 48 hours. Twenty seeds of each lot were plated in a Petri dish as a replication at room temperature, in a completely randomized bloc design with three replications. The germinated seeds were counted as described above.

Statistical analysis

The number of seeds that had germinated was expressed as percentage of the total number of seeds sown in each treatment of the trials. This percentage was transformed by Arcsin√*x* as suggested by Snedecor & Cochran (20). The data were transformed by Arcsin√*x*, and means were compared using the GLM ANOVA Procedure. The Student Newman-Keuls and Kruskal Wallis tests were used to separate the means from the break of the seed dormancy and the germination of *C. sesamoides* and *S. radiatum* seeds at 95% of confidence respectively (4, 9).

Results

Viability of seeds

Table 1 shows the initial germination rate of untreated seeds of the four species of leafy vegetables under domestication. Of the four species, only the seeds of *J. tenella* showed a high germination: 83.3% of seeds sown, followed by *A. uliginosa* whose seeds showed a germination rate relatively low (42.8%). The other two species (Pedaliaceae), *C. sesamoides* and *S. radiatum*, with germination rate of 7.2% and 11.2%, respectively showed the lowest germination rate.

Table 1
Germination rates of untreated leafy vegetables' seeds

Species	Germination (%)
<i>Justicia tenella</i>	83.3 ± 1.8
<i>Acmella uliginosa</i>	42.8 ± 7.5
<i>Sesamum radiatum</i>	11.2 ± 5.3
<i>Ceratotheca sesamoides</i>	7.2 ± 2.5

Effect of different treatments on seed germination

The effect of hot water, sulfuric acid and drying on seed germination of *C. sesamoides* and *S. radiatum* are presented in table 2. The seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum* subjected to hot water at 100 °C and 80 °C or concentrated sulfuric acid at 95% for any of the tested times could not germinate except few seeds of *S. radiatum* treated with hot water at 80 °C for 30 seconds germinated. The seeds dried at 80 °C for 30 seconds, 1 minute or 3 minutes germinated with no significant difference as compared to the control.

Table 2
Germination rate of treated seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum*

Treatments	Germination (%)	
	<i>S. radiatum</i>	<i>C. sesamoides</i>
Water 100 °C / 30 sec	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Water 100 °C / 1 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Water 100 °C / 3 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Water 80 °C / 30 sec	6.7 ± 5,7 b	0.0 ± 0.0 b
Water 80 °C / 1 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Water 80 °C / 3 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Sulfuric acid / 30 sec	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Sulfuric acid / 1 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Sulfuric acid / 3 min	0.0 ± 0 c	0.0 ± 0.0 b
Oven drying (80 °C) / 30 sec	15.0 ± 0 a	6.7 ± 2.8 a
Oven drying (80 °C) / 1 min	16.7 ± 2.8 a	5.0 ± 0.0 a
Oven drying (80 °C) / 3 min	13.3 ± 5.7 a	6.7 ± 2.8 a
Control	13.3 ± 2.8 a	5.0 ± 0.0 a

Numbers without a common letter are significantly different at 95% confidence after the Kruskal Wallis test.

Except the oven treatments, seeds subjected to the different treatments seemed lose their viability.

The results presented in table 3 show that the water content of those seeds was high at harvest: 14.46% and 16.47% for *S. radiatum* and *C. sesamoides* respectively. The water content of the seeds collapsed drastically after 1 day of sun drying, from 14.46% to 9.68% for *S. radiatum* and from 16.47% to 11.39% for *C. sesamoides*. But, this water content was fairly stable after 3 days of sun drying, 8.8% and 10% for *S. radiatum* and *C. sesamoides* respectively. Then, table 3 shows that immersing in hot water for 24 hours had no effect on seeds of *C. sesamoides* whose germination is very low regardless of their water content. Besides, immersing in water for 24 hours resulted in significant differences in terms of germination rate of *S. radiatum* seeds in relation to their water content. This percentage was inversely proportional to the moisture content of seeds and was higher (50%) when the moisture content was below 8.8%.

Germination of seeds of *A. uliginosa*

After an attentive observation, the seeds with pappus

of *A. uliginosa* were separated from the seeds without pappus. When plated and germinated in the Petri dishes, the seeds without pappus of *A. uliginosa* showed a very high germination rate at 86% of seeds sown while those with pappus were negatively affected since only 15% of these seeds germinated. The rate of germination of seeds without pappus of *A. uliginosa* was at least five times higher than the germination rate of seeds with pappus.

Discussion

With germination over 80% without specific treatment, it is obvious that the seeds of *J. tenella* did not show dormancy. Besides, the germination of seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum* was very low (< 15%) without any treatment. Contrary to Bedigian and Adetula (5) observations, our results show that seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum* are dormant. In a previous study, Ashri and Palevitch (3) reported that the seeds of *S. indicum* as *S. radiatum* may show dormancy. Seeds of these two species dried in the sun to reduce moisture content could not yield a high rate of germination, particularly with *C. sesamoides* very low germination rates were recorded. These observations are similar to those of producers who believe with strong conviction that the culture of *C. sesamoides* is impossible.

According to Silvertown (18), there are two types of dormancy: the "endogenous" types are those due to properties of the embryo and the "exogenous" types result from properties of the endosperm or any other tissues of the seed or fruit. Endogenous dormancy may be the result of (i) a physiological inhibiting mechanism in the embryo ("physiological dormancy"), (ii) an undeveloped embryo (the so-called "morphological" dormancy), or (iii) a combination of i and ii (called "morphophysiological" dormancy). The exogenous dormancy types may (i) be caused by seed or fruit coat impermeability to water ("physical"), (ii) due to germination inhibitors ("chemical"), and (iii) caused by woody structures that restrict growth ("mechanical").

Dormancy observed in *C. sesamoides* and *S. radiatum*

Table 3
Germination rates of *C. sesamoides* and *S. radiatum* seeds in relation to seed water content

Treatments	<i>Sesamum radiatum</i>		<i>Ceratotherca sesamoides</i>	
	Water content	Germination (%)	Water content	Germination (%)
Direct sown	iwc= 14.46 a	15.0 ± 8.6 c	iwc= 16.47 a	3.3 ± 2.8 a
	wc _{1d} = 09.68 ab	20.0 ± 5.0 c	wc _{1d} = 11.39 b	0.0 ± 0.0 a
	wc _{2d} = 09.32 ab	18.3 ± 5.8 c	wc _{2d} = 10.29 b	3.3 ± 2.8 a
	wc _{3d} = 08.86 b	15.0 ± 0.0 c	wc _{3d} = 10.08 b	1.7 ± 2.8 a
	wc _{8d} = 08.77 b	16.7 ± 2.8 c	wc _{8d} = 10.06 b	1.7 ± 2.8 a
Immersed (24 h)	iwc= 14.46 a	30.0 ± 8.7 b	iwc= 16.47 a	0.0 ± 0.0 a
	wc _{1d} = 09.68 ab	33.3 ± 10.4 ab	wc _{1d} = 11.39 b	1.7 ± 2.8 a
	wc _{2d} = 09.32 ab	36.7 ± 5.7 ab	wc _{2d} = 10.29 b	1.7 ± 2.8 a
	wc _{3d} = 08.86 b	51.7 ± 10.4 a	wc _{3d} = 10.08 b	1.7 ± 2.8 a
	wc _{8d} = 08.77 b	50.0 ± 5.0 a	wc _{8d} = 10.06 b	1.0 ± 2.8 a

Numbers without a common letter are significantly different at 95% confidence after the Student Newman-Keuls test.

is not physical. Their seed coat seemed weak. Indeed, the seeds have completely lost their viability upon contact with hot water at 100 °C for only 30 seconds. However, treatments such as the use of sulfuric acid, hot water or scarification are usually excellent ways to break the dormancy of seeds of many species caused by the hardness of the coat (4, 9, 21). The seeds of leguminous fodder particularly hard seed coat germinated up to 98% when immersed in concentrated sulfuric acid for 15 min (19). Furthermore, *S. radiatum* seed, with water content of 8.8%, immersed in water at room temperature germinated up to 50%. We may then exclude the hypothesis of an endogenous dormancy at least for *S. radiatum*. Although this value is greater than that obtained for the lot that was not immersed in water, this germination percentage is still below the 80% generally required for seeds to be distributed to farmers (15). Nevertheless, the method of immersing seeds in water overnight have been successfully used by producers to trigger germination of seeds of many species including *Leucaena leucocephala*, *Albizzia lebbbeck*, *Gliricidia sepium*.

The control values in table 2 are slightly different from those of table 1. In fact, the values of table 2 were obtained from a trial set up one month after the results of table 1. More seeds of *S. radiatum* probably germinated because of the decreasing of the water content while we observed the reversed situation with *C. sesamoides* as indicated by Cervantes *et al.* (6).

However the hypothesis of a negative influence of storage could be eliminated because the seeds submitted to the various tests were not stocked. Light is a factor which ordinary greatly influences the germination of seeds. But in the current experimentation, there was no light during the nights in the laboratory where the tests were carried out. In order terms, the Petri dishes were in closely natural conditions of the plants (18).

Dormancy observed in *C. sesamoides* and *S. radiatum* may be chemical. Especially in the case of *C. sesamoides*, the length of the germination may be an important factor. Indeed, according to Silvertown (18), many annual and biannual plant species seeds may have more than 50 years of longevity in the soil. This hypothesis agrees with the argument of the farmers who think that *C. sesamoides* could stay more than 5 years in the soil before germinating. In, Benin, the farmers actually throw the seeds of *C. sesamoides* in their plots where they wish to have that vegetable many years later.

The position of the seed on the stem could influence positively or negatively the germination (15, 18); thus seeds from the middle (center) of the inflorescence germinate readily than the seeds from the periphery, this is the case for the genus *Bidens*. Also, it has been shown that the dormancy of a seed could come from its mother plant (18).

Therefore, other avenues could be explored to break the dormancy of seeds of *C. sesamoides* and *S. radiatum*. In addition to the methods such as the use of gibberellic acid at low concentrations, potassium nitrate, indole-acetic acid (15), a study on the germination seeds of these two species according to the position of their pod on the inflorescence is necessary (15).

The dormancy observed in *A. uliginosa* could be due to morphological factors caused by immature embryos (morphological dormancy). The presence of the pappus is an indicator of immature embryo which causes dormancy in some species (10, 15, 16). The relatively low germination (42.8%) of seeds of this species obtained from the previous or initial experiment might probably be due to a mixture of mature seeds and immature ones. The separation of the two types of seeds showed that mature seeds, deprived of their pappus, did not show dormancy. However, producers who have started the domestication of this species in their garden harvest very early, henceforth immature seeds especially that the flowers are also sold for consumption (2). Therefore, the seeds reserved for next sowing were a mixture of mature and immature seeds, which results in poor germination. The situation becomes a little complicated because the mature seeds fall to the ground very quickly. Further studies might clarify the best time to harvest these seeds not only to avoid losing seeds that fall on the ground quickly, but to have the mature seeds with good germination. Therefore, this time of mature seed may be very useful for the extension services and development agents during the farmers' trainings.

Conclusion

The results of this study reveal the factors that may influence the dormancy of two species of Pedaliaceae, particularly *S. radiatum*. They also show that the seeds of *J. tenella* did not demonstrate dormancy. The hormones such as gibberellins and indole-acetic acid are to be tested to study their effect on germination capacity of Pedaliaceae species. Furthermore, to produce *A. uliginosa*, the use of seeds without pappus is necessary. Further study is then required to determine the time to harvest the seeds of this species without pappus.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Scientific Council of the University of Abomey-Calavi (UAC, Benin) which funded the study, the Faculty of Agricultural Sciences and the Faculty of Science and Technology for the provision of their laboratories, the Bioversity International and the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) for providing the experimental site.

Literature

1. Abukutsa-Onyango M., 2007, Seed production and support systems for African leafy vegetables in three communities in western Kenya. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development Online*, **7**, 3, 16 p.
2. Adjatin A., 2006, Contribution à l'étude de la diversité des légumes feuilles traditionnels consommés dans le département de l'Atakora (Bénin). Mémoire de DEA, Université de Lomé, Togo, 55 p.
3. Ashri A. & Palevitch D., 1979, Seed dormancy in sesame (*S. indicum*) and the effect of gibberellic acid. *Experimental Agriculture*, **15**, 81-83.
4. Baskin C.C., Milberg P., Andersson L. & Baskin J.M., 2001, Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Drosera anglica*, an insectivorous species of the Northern Hemisphere. *Acta Oecologica*, **22**, 1-8.
5. Bedigian D. & Adetula O.A., 2008, *Ceratotheca sesamoides* Endl. [Internet] Fiche de Protabase. Grubben G.J.H. & Denton O.A. (Eds). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://database.prota.org/recherche.htm>>, consulté le 11 février 2008.
6. Cervantes V., Carabias J. & Vazquez-Yanes C., 1996, Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern Mexico. *Forest Ecology and Management*, **82**, 171-184.
7. Codjia J.T.C., Assogbadjo A.E. & Ekué M.R.M., 2003, Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures*, **12**, 5, 321-331.
8. Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-Sagbadja H., Faladé V., Yedomonhan H., Odou D. & Dossou B., 2008, Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **55**, 1239-1256.
9. Ekpong B., 2008, Effects of seed maturity, seed storage and pre-germination treatments on seed germination of cleome (*Cleome gynandra* L.). *Scientia Horticulturae*, **119**,3, 236-240.
10. Karlsson L.M. & Milberg P., 2008, Variation within species and inter-species comparison of seed dormancy and germination of four annual *Lamium* species. *Flora*, **203**, 409-420.
11. Kimiywe J., Waudu J., Mbithe D. & Maundu P., 2007, Utilization and medicinal value of indigenous leafy vegetables consumed in urban and peri-urban Nairobi. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development Online*, **7**,4, 15 p.
12. Moussa H., Margolis H.A., Dubé P.-A. & Odongo J., 1998, Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid zone of Niger, West Africa. *Forest Ecology and Management*, **104**, 27-41.
13. Prins H. & Maghembe J.A., 1994, Germination studies on seed of fruit trees indigenous to Malawi. *Forest Ecology and Management*, **64**, 111-125.
14. PROTA, 2004, Ressources Végétales de l'Afrique Tropicales. In: Grubben G.J.H. & Denton O.A. (eds.), Volume 2: légumes. PROTA/Backhuys Publishers /CTA, Wageningen.
15. Rao N.K., Hanson J., Dulloo M.E., Ghosh K., Nowel D. & Larinde M., 2006, Manuel de manipulation des semences dans les banques de gènes. Manuel pour les banques de gènes n° 8. Bioversity International, Rome, Italie, 165 p.
16. Sacandé M., Pritchard W.H. & Dulloo M.E., 2004, Seed Sciences and technology need of Saforgen trees for conservation and sustainable use. *Plant Genetic Resources Newsletter*, **139**, 53-58.
17. Shippers R.R., 2004, Les légumes africains indigènes: présentation des espèces cultivées, Margraf Publishers GmbH and CTA (ed), Wageningen, Pays-Bas, 482 p.
18. Silvertown J., 1999, Seed ecology, dormancy, and germination: a modern synthesis from Baskin and Baskin. *American Journal of Botany*, **86**,6, 903-905.
19. Singh A.K. & Dhillon W.S., 1996, Breaking seed dormancy in different leguminous forage species. *International Rice Research Notes*, **21**,1, 45-46.
20. Snedecor G.W. & Cochran W.G., 1980, *Statistical methods*, 7th edition. Iowa State University Press, Ames, IA, 507 p.
21. Velepini P., Riddoch I. & Batisani N., 2003, Seed treatments for enhancing germination of wild okra (*Corchorus olitorius*). *Experimental Agriculture*, **39**, 441-447.

C.A. Etèka, Béninois, Diplôme d'Etudes Approfondies, Doctorant, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 2.

B.C. Ahohuendon, Béninois, Doctorat, Professeur, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 3.

E.L. Ahoton, Béninois, Doctorat, Professeur Assistant, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 4.

D.S. Dabadé, Béninois, Ingénieur Agronome, Doctorant, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi 5.

A. Ahanchédé, Béninois, Doctorat, Professeur, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi.

Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun)

A. Mbawala^{1*}, B. Daoudou¹ & M.B. Ngassoum²

Keywords: Dried meat- Food safety- Microbial contaminants- Food intoxication- Cameroon

Résumé

Vingt-quatre échantillons pimentés et non pimentés de kilishi, produit séché dérivé de la viande de bœuf, ont été prélevés auprès de sept points de fabrication et de vente traditionnelles dans la ville de Ngaoundéré (Nord Cameroun), afin de vérifier l'hypothèse que la charge microbienne totale des échantillons de kilishi et le type de germe qu'ils renferment, influenceraient la qualité hygiénique du produit. Ainsi, la flore aérobique mésophile, les coliformes, les levures et moisissures, *Staphylococcus aureus*, les *Clostridium sulfito-réducteurs*, *Bacillus cereus* et *Salmonella spp.* ont été dénombrés sur ces échantillons après dilutions décimales de la solution-mère et ensemencements en milieux sélectifs. Les résultats montrent que 33,34% et 50% des échantillons pimentés de kilishi sont contaminés par *B. cereus* et *Salmonella spp.*, respectivement, tandis qu'un taux de 83,34% des échantillons non pimentés de kilishi sont contaminés par ces deux micro-organismes. Par ailleurs, les autres micro-organismes recherchés ont été trouvés dans tous les échantillons de kilishi, indépendamment du type de produit. Le rapport A/B du niveau moyen de contamination du kilishi pimenté (A) sur le niveau moyen de contamination du kilishi non pimenté (B) a été déterminé pour chaque catégorie de micro-organisme trouvé. Sa valeur moyenne est de 0,43 (*Clostridium sulfito-réducteurs*) avec une valeur maximale de 0,63 (*Salmonella spp.*) et une valeur minimale de 0,27 (*B. cereus*), ce qui confirme que les échantillons de kilishi non pimentés sont plus contaminés par des micro-organismes indésirables que ceux des kilishi pimentés ($P < 0,05$). Les niveaux moyens de contamination par *B. cereus* et *Salmonella spp.* obtenus pour certains échantillons de kilishi ($> 10^2$ UFC/g) étant supérieurs à ceux des critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les produits de charcuterie cuits (absence dans 25 g de produit), représentent des risques d'intoxications alimentaires des consommateurs.

Summary

Microbiological Quality of Kilishi (Traditional Dried Beef) Produced in Ngaoundere, Cameroon

In order to verify the hypothesis that the total microbial load of kilishi samples and the strain of micro-organism they contain would have an influence on their hygienic quality, twenty-four samples of spiced and non spiced kilishi, a traditional sun-dried beef were collected from seven production and sales points in Ngaoundere (North Cameroon). In this regard, aerobic mesophilic flora, coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella spp.*, sulphito-reducing *Clostridium*, yeast and moulds were counted on kilishi samples that were diluted serially (ten-fold) and inoculated on selective media. Results obtained showed that 33.34% and 50% of the spiced kilishi samples were contaminated by *B. cereus* and *Salmonella spp.*, respectively, whereas 83.34% of the non spiced kilishi samples were contaminated by these two micro-organisms. Furthermore, the other investigated micro-organisms were found in all kilishi samples, independent of the type of product. The ratio A/B expressed as the mean level of contamination of spiced kilishi (A) to that of non spiced kilishi (B) was determined for each type of micro-organisms counted. The mean value was 0.43 for sulphito-reducing *Clostridium*, while the highest value was 0.63 for *Salmonella spp.* and the lowest 0.27 for *Bacillus cereus*. This confirms that samples of non spiced kilishi were more contaminated by foodborne pathogens than those of spiced kilishi ($P < 0.05$). The mean levels of contamination by *B. cereus* and *Salmonella spp.* found in some kilishi samples ($> 10^2$ CFU/g) were higher than the recommended microbiological standards for cooked meat products (absence in 25 g of product), thus presents a risk of foodborne intoxication for consumers.

Introduction

Après abattage d'un animal tel que le bœuf, les muscles sont le siège de modifications physico-chimiques et physiologiques qui se répercutent sur les qualités organoleptiques et microbiologiques

de la viande (21, 29). Par exemple, l'arrêt de la circulation sanguine supprime l'apport d'oxygène et place le muscle dans des conditions d'anaérobiose favorables à la prolifération de micro-organismes

¹Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

²Département Chimie Appliquée, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

*Correspondance: Mbawala A., Département SAN, ENSAI, Université de Ngaoundéré B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

Tél: +(237) 99 90 37 85, E-mail: mbawalaa@yahoo.fr

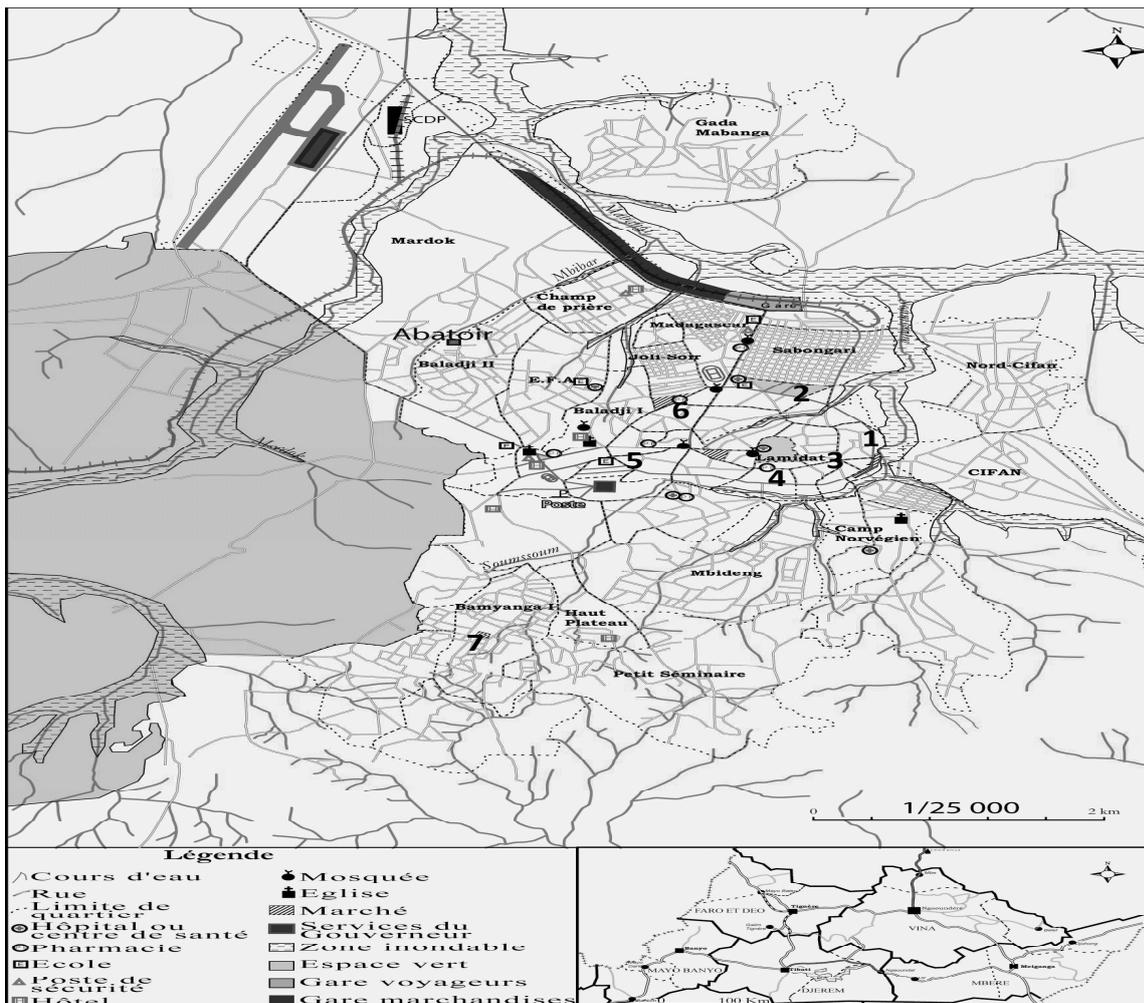
Reçu le 30.06.06 et accepté pour publication le 20.07.10.

anaérobies. L'abattage d'un animal dans de bonnes conditions (absence de stress chez l'animal) provoque la glycogénolyse qui produit par la suite de l'acide lactique à effet inhibiteur sur le développement des bactéries putréfiantes (*Clostridium* et *Pseudomonas*) (29). Cette protection diminue au fil du temps si bien que la viande commence à évoluer en un milieu très favorable à la croissance de micro-organismes capables de l'altérer (bactéries lactiques entre autres) et de micro-organismes pathogènes responsables de diverses pathologies chez l'homme, soit parce qu'elles se multiplient de façon trop importante chez l'hôte provoquant des infections, soit parce qu'elles produisent des toxines dans l'aliment, ou chez l'hôte qui les héberge (les *Staphylocoques*, les *Clostridium*, les *Salmonella*, etc.) (19, 29).

Dans la plupart des pays en voie de développement, la viande de bœuf demeure encore un produit de luxe pour les consommateurs. Quand elle est disponible, sa qualité hygiénique est souvent peu satisfaisante vu l'absence de méthodes adéquates de transformation

et/ou de conservation telles que la réfrigération et la congélation. La transformation de la viande fraîche en produits carnés séchés de longue conservation est une alternative à la bonne conservation de cette denrée en zones villageoises. Parmi ces produits figure le *kilishi* préparé par séchage au soleil de la viande de bœuf et qui est principalement fabriqué par certaines tribus (Haoussa, Fulani entre autres) habitant les parties septentrionales de l'Afrique de l'Ouest y compris le Nord-Cameroun (1). Après la viande de bœuf braisée et mangée directement, le *kilishi* représente la deuxième source de protéine animale d'origine bovine consommée dans la ville de Ngaoundéré (23).

Njongmeta *et al.* (23) avaient analysé les échantillons de *kilishi* vendus par des vendeurs ambulants et des vendeurs non ambulants dans la ville de Ngaoundéré et ont trouvé que 30%, 23%, 19%, 15% et 5% des échantillons étaient contaminés par *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., les levures et moisissures, respectivement. Chez



1: Quartier Haoussa, 2: Quartier Sabongari-Douze Poteaux, 3: Carrefour Aoudi
 4: Quartier Mboumdjéré, 5: Quartier Tongo-Bali, 6: Carrefour Ministre
 7: Quartier Bamyanga

Figure 1: Lieux de prélèvement des échantillons de *kilishi* dans la ville de Ngaoundéré.

l'homme, la plupart des intoxications alimentaires issues de viande contaminée ont été attribuées aux bactéries des genres *Campylobacter*, *Salmonella* et à l'espèce *E. coli* (10, 13, 14, 16, 25, 26). Les concentrations infectieuses capables de provoquer des symptômes des maladies d'origine alimentaire sont de 10^4 à 10^6 et 10^2 à 10^3 cellules/g respectivement pour les *Salmonella* et *E. coli* (2, 3, 9, 27, 28).

Le présent travail avait pour but d'évaluer les niveaux de contamination microbienne du kilishi pimenté et du kilishi non pimenté échantillonnés à leurs lieux de production à Ngaoundéré (Nord Cameroun). Le travail s'appuie sur l'hypothèse suivante: la charge microbienne totale des échantillons de kilishi et le type de germe qui les contamine, diminuent leur qualité hygiénique et pourraient par conséquent nuire à la santé des consommateurs.

Matériel et méthodes

Matériel

Vingt-quatre échantillons de kilishi dont douze pimentés et douze non pimentés ont été prélevés en décembre 2004 chez huit producteurs des sept quartiers où la tribu Haoussa produit le kilishi à Ngaoundéré. Six des sept quartiers concernés sont concentrés autour du *lamidat* de Ngaoundéré (Figure 1); les sujets du *lamido* (chef traditionnel) sont de grands consommateurs de ce produit. Les caractéristiques des kilishi prélevés sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1
Caractéristiques des échantillons de kilishi prélevés en décembre 2004

Traitements du kilishi	Echantillon		Lieux de prélèvement
	Nombre	Désignation	
Pimenté	4	QH1	Quartier Haoussa
		QH2	
		QH3	
		QH4	
	1	QSDP	Quartier Sabongari-Douze Poteaux
		CA	
	2	QM1	Quartier Mboumdjéré
		QM2	
	1	QTB	Quartier Tongo-Bali
		CM	
		QB1	
		QB2	
Non pimenté	4	QH1	Quartier Haoussa
		QH2	
		QH3	
		QH4	
	1	QSDP	Quartier Sabongari-Douze Poteaux
		CA	
	2	QM1	Quartier Mboumdjéré
		QM2	
	1	QTB	Quartier Tongo-Bali
		CM	
		QB1	
		QB2	

Méthodes

1. Prélèvement, conditionnement et transport des échantillons

Les 24 échantillons ont été prélevés à raison de 500 g par échantillon et préservés dans des sachets étanches de polyéthylène pré-stériles, transportés jusqu'au laboratoire dans une glacière contenant de la glace fondante pour éviter toute variation de température capable de modifier la microflore et analysés dans l'heure qui suivait le prélèvement (4).

2. Préparation des échantillons et analyses

Un fragment de 25 g de chaque échantillon de kilishi a été pesé dans le bol taré d'un broyeur de type Blender Robot Coupe GT550 et homogénéisé pendant deux minutes en présence de 225 ml de diluant tryptone-sel stérile (1 g de tryptone; 8,5 g de NaCl complétés à 1000 ml avec de l'eau distillée) (15). Une dilution au $1/10^e$ était ainsi réalisée et considérée comme la solution-mère.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées sur la solution-mère et ses dilutions décimales jusqu'à 10^{-6} (8) réalisées en utilisant la solution de tryptone-sel comme liquide de dilution et selon les recommandations de l'Institut Pasteur Production (18).

Les micro-organismes dépistés ont été ceux désignés par les critères de qualité microbiologique auxquels doivent satisfaire les produits de charcuterie cuits pour être reconnus officiellement propres à la consommation (19, 20). La préparation des milieux de culture, la caractérisation taxonomique et/ou le dénombrement de ces micro-organismes ont été effectuées selon les méthodes préconisées par Guiraud et Galzy (15) ainsi qu'il suit:

- la flore aérobie mésophile (F.A.M.) a été dénombrée sur milieu PCA (*Plate Count Agar*) par ensemencement du milieu en profondeur avec 1 ml de la solution-mère et de ses différentes dilutions, et incubation des boîtes de Pétri à 30 °C pendant 72 heures;

- les levures et les moisissures ont été dénombrées sur milieu Sabouraud Dextrose Agar additionné de chloramphénicol à 0,05% par ensemencement du milieu en surface avec 0,1 ml de la suspension-mère et de ses dilutions et incubation des boîtes de Pétri à 30 °C pendant 72 heures;

- le dénombrement et la recherche de *Staphylococcus aureus* ont été effectués sur gélose de Baird Parker par ensemencement du milieu en surface avec 0,1 ml de la solution-mère et de ses différentes dilutions et incubation des boîtes de Pétri à 37 °C pendant 48 heures. La mise en évidence de la thermonucléase (DNase thermo-résistante) et de la coagulase sur les colonies noires entourées d'une auréole claire dénombrées a permis de conclure que les colonies testées sont des colonies de *Staphylococcus aureus* entérotoxiques;

- les *Clostridium* sulfito-réducteurs ont été dénombrés après chauffage de 10 ml de la solution-mère au bain-marie à 80 °C pendant 10 minutes pour sélectionner les spores et ensemencement en profondeur (1 ml) et en double couche de la gélose TSN (Trypticase-Sulfite-Néomycine). Après incubation des boîtes de Pétri à 37 °C pendant 24 heures en anaérobiose, les colonies noires obtenues sont des colonies de *Clostridium* sulfito-réducteurs;

- le dénombrement des coliformes et la recherche d'*E. coli* ont été réalisés sur milieu BLBVB (Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant) réparti à raison de 10 ml par tube à essais contenant une cloche de Durham. Après incubation à 37 °C pendant 24 heures, les tubes gazogènes présentant un trouble microbien sont des tubes positifs et traduisent la présence de coliformes. *E. coli* a été recherché par le test de Mackenzie *et al.* (22): un tube de milieu BLBVB avec cloche de Durham et un tube de milieu eau peptonée exempte d'indole ont été ensemencés à partir des tubes positifs du test précédent et incubés à 44 °C pendant 24 heures. La production de gaz dans le milieu BLBVB et d'indole (déterminé grâce au réactif de Kovacs) dans l'eau peptonée traduit la présence d'*E. coli*;

- la recherche et le dénombrement des *Salmonella* ont été réalisés après pré-enrichissement du broyat de 25 g d'échantillon dans 225 ml de milieu eau

peptonée tamponnée à 37 °C pendant 24 heures, enrichissement de 2 ml d'échantillon pré-enrichi dans 20 ml de bouillon au sélénite de sodium à 37 °C pendant 24 heures et ensemencement en surface avec 0,1 ml d'échantillon enrichi de la gélose SS (*Salmonella-Shigella*) et incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies incolores et jaunâtres, de diamètres supérieurs à 5 mm mesurés à l'aide d'une règle graduée, avec ou sans centre noir (lactose négatif; uréase négatif; indole négatif) sont des colonies présomptives de *Salmonella*; et,

- le dénombrement de *Bacillus cereus* a été réalisé sur milieu de Mossel additionné de polymyxine et d'émulsion stérile de jaune d'œuf à 20%. Le milieu a été ensemencé en surface avec 0,1 ml de la solution-mère et de ses dilutions préalablement chauffées au bain-marie à 80 °C pendant 10 mn pour sélectionner les spores et incubé à 37 °C pendant 24 heures; les colonies de *Bacillus cereus* sont rugueuses et roses.

3. Analyses statistiques

Les valeurs des différents dénombrements sont les moyennes de deux répétitions (n= 2) et les niveaux moyens de contamination sont représentés par les moyennes ± écart-types. L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée à l'aide du logiciel STATGRAPHICS Plus 5.0 sur les niveaux

Tableau 2
Niveaux de contamination du kilishi pimenté

Echantillons	F.A.M.	Coliformes	Levures et moisissures	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs
QH1	0,03 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,03 x10 ⁵ ±0,01 ^a	1,00 x10 ³ ±0,28 ^a	0,26 x10 ⁴ ±0,04 ^a	0 ^a	0 ^a	1,80 x10 ² ±0,46 ^e
QH2	0,24 x10 ⁷ ±0,03 ^a	0,16 x10 ⁵ ±0,02 ^a	1,30 x10 ³ ±0,39 ^{ab}	0,32 x10 ⁴ ±0,02 ^a	0 ^a	1,05 x10 ³ ±0,07 ^{cd}	2,00 x10 ² ±0,12 ^e
QH3	0,22 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,11 x10 ⁵ ±0,04 ^a	0,98 x10 ³ ±0,12 ^a	0,18 x10 ⁴ ±0,02 ^a	0 ^a	0 ^a	0,70 x10 ² ±0,08 ^{ab}
QH4	0,13 x10 ⁷ ±0,05 ^a	0,25 x10 ⁵ ±0,08 ^a	1,20 x10 ³ ±0,42 ^a	0,20 x10 ⁴ ±0,02 ^a	0 ^a	0,90 x10 ³ ±0,08 ^c	0,50 x10 ² ±0,02 ^a
QSDP	1,00 x10 ⁷ ±0,28 ^b	1,14 x10 ⁵ ±0,19 ^b	2,05 x10 ³ ±0,49 ^b	3,50 x10 ⁴ ±0,70 ^{de}	0,31 x10 ³ ±0,04 ^b	1,20 x10 ³ ±0,07 ^d	3,00 x10 ² ±0,14 ^g
CA	3,70 x10 ⁷ ±0,07 ^e	1,10 x10 ⁵ ±0,07 ^b	1,20 x10 ³ ±0,28 ^a	0,32 x10 ⁴ ±0,04 ^a	1,27 x10 ³ ±0,15 ^c	2,80 x10 ³ ±0,28 ^f	1,00 x10 ² ±0,42 ^{bc}
QM1	4,13 x10 ⁷ ±0,18 ^f	3,20 x10 ⁵ ±0,28 ^f	0,86 x10 ³ ±0,11 ^a	2,00 x10 ⁴ ±0,07 ^b	0 ^a	0 ^a	1,60 x10 ² ±0,28 ^{de}
QM2	5,00 x10 ⁷ ±0,28 ^g	2,54 x10 ⁵ ±0,05 ^e	3,00 x10 ³ ±0,14 ^c	2,70 x10 ⁴ ±0,14 ^c	0 ^a	0 ^a	2,50 x10 ² ±0,07 ^f
QTB	1,80 x10 ⁷ ±0,21 ^d	1,82 x10 ⁵ ±0,02 ^d	1,50 x10 ³ ±0,14 ^{ab}	3,10 x10 ⁴ ±0,42 ^{cd}	1,80 x10 ³ ±0,28 ^d	0,61 x10 ³ ±0,02 ^b	0,90 x10 ² ±0,02 ^{abc}
CM	1,40 x10 ⁷ ±0,14 ^c	1,47 x10 ⁵ ±0,19 ^c	3,60 x10 ³ ±0,84 ^c	3,80 x10 ⁴ ±0,56 ^e	0,21 x10 ³ ±0,02 ^{ab}	1,60 x10 ³ ±0,14 ^e	1,30 x10 ² ±0,19 ^{cd}
QB1	0,19 x10 ⁷ ±0,02 ^a	0,13 x10 ⁵ ±0,02 ^a	0,92 x10 ³ ±0,11 ^a	0,15 x10 ⁴ ±0,01 ^a	0 ^a	0 ^a	1,00 x10 ² ±0,14 ^{bc}
QB2	0,25 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,11 x10 ⁵ ±0,02 ^a	1,40 x10 ³ ±0,42 ^{ab}	0,18 x10 ⁴ ±0,03 ^a	0 ^a	0 ^a	0,80 x10 ² ±0,05 ^{ab}

Les valeurs n'ayant pas la même lettre en exposant sur la même colonne sont significativement différentes (P< 0,05).

QH= Quartier Haoussa; QSDP= Quartier Sabongari-Douze Poteaux; CA= Carrefour Aoudi; QM= Quartier Mboumdjéré; CM= Carrefour Ministre; QTB= Quartier Tongo-Bali; QB= Quartier Bamyanga.

N.B.: Les résultats sont exprimés en Unités Formant Colonies/gramme d'échantillon (UFC/g).

Tableau 3
Niveaux de contamination du kilishi non pimenté

Echantillons	F.A.M.	Coliformes	Levures et moisissures	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	Clostridium sulfito-réducteurs
QH1	0,07 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,05 x10 ⁵ ±0,01 ^a	2,00 x10 ³ ±0,46 ^a	0,82 x10 ⁴ ±0,04 ^a	0 ^a	0,21 x10 ³ ±0,04 ab	2,00 x10 ² ±0,56 ^a
QH2	0,50 x10 ⁷ ±0,09 ^a	0,24 x10 ⁵ ±0,07 ^a	6,00 x10 ³ ±0,14 ^f	3,20 x10 ⁴ ±0,28 ^{bc}	0,13 x10 ³ ±0,02 ^{ab}	0,32 x10 ³ ±0,02 ab	3,20 x10 ² ±0,42 ^{cd}
QH3	0,31 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,38 x10 ⁵ ±0,09 ^a	4,20 x10 ³ ±0,63 ^{cde}	3,90 x10 ⁴ ±0,56 ^{cd}	0,31 x10 ³ ±0,01 ^{ab}	0,28 x10 ³ ±0,01 ab	4,56 x10 ² ±0,62 ^{ef}
QH4	0,24 x10 ⁷ ±0,02 ^a	0,30 x10 ⁵ ±0,04 ^a	3,70 x10 ³ ±0,14 ^{cd}	2,50 x10 ⁴ ±0,28 ^b	0 ^a	0,36 x10 ³ ±0,05 ab	5,00 x10 ² ±0,28 ^f
QSDP	6,00 x10 ⁷ ±0,28 ^d	2,50 x10 ⁵ ±0,77 ^{bc}	4,60 x10 ³ ±0,56 ^{de}	5,40 x10 ⁴ ±0,56 ^{ef}	0,39 x10 ³ ±0,01 ^b	2,40 x10 ³ ±0,35 c	3,01 x10 ² ±0,15 ^{bc}
CA	4,20 x10 ⁷ ±0,28 ^c	1,80 x10 ⁵ ±0,14 ^b	2,30 x10 ³ ±0,53 ^{ab}	0,48 x10 ⁴ ±0,28 ^{de}	2,09 x10 ³ ±0,26 ^c	3,00 x10 ³ ±0,28 d	2,09 x10 ² ±0,28 ^a
QM1	5,80 x10 ⁷ ±0,07 ^d	5,00 x10 ⁵ ±0,35 ^e	7,20 x10 ³ ±0,42 ^g	5,90 x10 ⁴ ±0,70 ^f	2,80 x10 ³ ±0,28 ^d	0 ^a	3,60 x10 ² ±0,56 ^{cd}
QM2	7,30 x10 ⁷ ±0,42 ^e	5,60 x10 ⁵ ±0,59 ^e	9,00 x10 ³ ±0,52 ^h	7,90 x10 ⁴ ±0,42 ^h	4,05 x10 ³ ±0,28 ^e	2,70 x10 ³ ±0,42 cd	3,00 x10 ² ±0,28 ^{bc}
QTB	2,59 x10 ⁷ ±0,86 ^b	4,00 x10 ⁵ ±0,56 ^d	5,12 x10 ³ ±0,16 ^{ef}	5,60 x10 ⁴ ±0,56 ^{ef}	0,25 x10 ³ ±0,05 ^{ab}	0,50 x10 ³ ±0,02 b	5,20 x10 ² ±0,28 ^f
CM	5,70 x10 ⁷ ±0,70 ^d	2,90 x10 ⁵ ±0,70 ^c	5,80 x10 ³ ±0,07 ^f	6,90 x10 ⁴ ±0,21 ^g	3,16 x10 ³ ±0,33 ^d	3,05x10 ³ ±0,07 ^d	2,80 x10 ² ±0,56 ^{abc}
QB1	0,29 x10 ⁷ ±0,01 ^a	0,58 x10 ⁵ ±0,12 ^a	2,60 x10 ³ ±0,63 ^{ab}	4,20 x10 ⁴ ±0,56 ^d	0,17 x10 ³ ±0,03 ^{ab}	0 ^a	2,12 x10 ² ±0,25 ^{ab}
QB2	0,34 x10 ⁷ ±0,05 ^a	0,40 x10 ⁵ ±0,12 ^a	3,25 x10 ³ ±0,35 ^{bc}	0,50 x10 ⁴ ±0,11 ^a	0,20 x10 ³ ±0,02 ^{ab}	0,10 x10 ³ ±0,01 a	4,00 x10 ² ±0,28 ^{de}

Les valeurs n'ayant pas la même lettre en exposant sur la même colonne sont significativement différentes (P< 0,05).

QH= Quartier Haoussa; QSDP= Quartier Sabongari-Douze Poteaux; CA= Carrefour Aoudi; QM= Quartier Mboumdjéré; CM= Carrefour Ministre; QTB= Quartier Tongo-Bali; QB= Quartier Bamyanga.

N.B.: Les résultats sont exprimés en Unités Formant Colonies/gramme d'échantillon (UFC/g).

de contamination du kilishi par un type de micro-organisme; les différences significatives entre leurs valeurs ont été déterminées au seuil de probabilité 5% (30).

Résultats

La flore prédominante des kilishi pimentés et non pimentés est de type flore aérobique mésophile (Tableaux 2 et 3). En effet, elle représente 99% de toutes les flores qui ont été dénombrées dans les kilishi, la totalité des autres flores étant estimée à 1% seulement. Les niveaux moyens de contamination

des kilishi pimentés et non pimentés par la flore aérobique mésophile sont de (1,51 ± 0,11) x 10⁷ et (2,78 ± 0,24) x 10⁷ UFC/g, respectivement. Le rapport du niveau de contamination du kilishi pimenté par cette flore sur celui du kilishi non pimenté est de 0,55. Par ailleurs, ces niveaux sont significativement différents (P< 0,05).

Les valeurs des niveaux moyens des coliformes du kilishi pimenté et non pimenté consignées dans le tableau 4 ne présentent pas de différences significatives (P> 0,05). La totalité des échantillons de ces deux types de kilishi était contaminée par les

Tableau 4
Niveaux moyens de contamination des kilishi

Nature des germes	Kilishi pimenté (A)	Kilishi non pimenté (B)	Normes (*)	Rapport A/B
F.A.M.	1,51 x10 ⁷ ±0,11 ^a	2,78 x10 ⁷ ±0,24 ^b	3x10 ⁵	0,55
Coliformes	1,00 x10 ⁵ ±0,09 ^a	1,98 x10 ⁵ ±0,30 ^a	10 ³	0,51
Levures et moisissures	1,59 x10 ³ ±0,32 ^a	4,65 x10 ³ ±0,39 ^b	-	0,35
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,40 x10 ⁴ ±0,18 ^a	4,30 x10 ⁴ ±0,39 ^b	10 ²	0,33
<i>Bacillus cereus</i>	3,00 x10 ³ ±0,04 ^b	1,13 x10 ³ ±0,12 ^a	-	0,27
<i>Salmonella</i> spp.	6,80 x10 ³ ±0,06 ^b	1,08 x10 ³ ±0,11 ^a	Absence/25g	0,63
Clostridium sulfito-réducteurs	1,43 x10 ² ±0,17 ^a	3,39 x10 ² ±0,38 ^b	30	0,43

Les valeurs n'ayant pas la même lettre en exposant sur la même ligne sont significativement différentes (P< 0,05).

N.B.: Les résultats sont exprimés en Unités Formant Colonies/gramme d'échantillon (UFC/g).

(*): Critères microbiologiques relatifs aux produits de charcuterie cuits (15,16).

coliformes. La caractérisation d'*E. coli* par la production de gaz et d'indole d'après le test de Mackenzie *et al.* (22) montre que 50% des échantillons analysés en contient.

S. aureus, les *Clostridium* sulfito-réducteurs, les levures et moisissures ont été retrouvés dans tous les échantillons de kilishi analysés (Tableaux 2 et 3). Les rapports des niveaux moyens de contamination des kilishi pimentés sur ceux des kilishi non pimentés sont de 0,35 et de 0,43 pour la flore fongique et les *Clostridium* sulfito-réducteurs respectivement (Tableau 4). Les résultats de ce dernier tableau montrent également que les kilishi pimentés sont significativement plus contaminés par ces deux catégories de micro-organismes que les kilishi non pimentés ($P < 0,05$).

Bacillus cereus et *Salmonella* spp. étaient les micro-organismes les moins retrouvés dans les deux types de kilishi. Parmi les 12 échantillons de kilishi pimentés et non pimentés analysés par type, 4 échantillons (33,34%) et 10 échantillons (83,34%), renferment *B. cereus*, respectivement. En ce qui concerne les 12 échantillons de kilishi pimentés et non pimentés analysés par type, 6 échantillons (50%) et 10 échantillons (83,34%) contiennent des *Salmonella* spp., respectivement. Les rapports du niveau moyen de contamination du kilishi pimenté sur celui du kilishi non pimenté sont de 0,27 pour *B. cereus* et 0,63 pour *Salmonella* spp. et ces niveaux sont significativement différents entre eux au seuil de probabilité $P < 0,05$.

Les figures 2 à 5 montrent les histogrammes des niveaux de contamination par la flore aérobie mésophile et par quelques micro-organismes pouvant causer d'intoxications alimentaires, du kilishi pimenté comparés à ceux du kilishi non pimenté, par lieu de prélèvement. On y remarque qu'indépendamment du type de micro-organisme dénombré, tous les échantillons de kilishi non pimentés sont plus contaminés que ceux de kilishi pimentés. Il ressort également de ces figures que les kilishi non pimentés provenant des quartiers QM2 et CM sont particulièrement plus contaminés par *S. aureus*, *B. cereus* et *Salmonella* spp. que ceux des autres quartiers.

Discussion

Les résultats des analyses effectuées sur les échantillons pimentés et non pimentés de kilishi prélevés chez huit producteurs différents dans sept quartiers de la ville de Ngaoundéré sont proches de ceux de Njongmeta *et al.* (23) observés sur des kilishi achetés chez des vendeurs non ambulants dans les rues de Ngaoundéré de mai à novembre 2003, exceptés pour les levures et moisissures. En effet, les valeurs trouvées pour ces dernières sont de l'ordre de 10^3 UFC/g et plus faibles que les valeurs minimales de 10^7 UFC/g obtenues par ces mêmes auteurs

(23). Pour la flore aérobie mésophile et *S. aureus*, les niveaux moyens de contamination sont plus élevés, soit environ 10^7 UFC/g et 10^4 UFC/g, respectivement, contre des valeurs maximales de 10^6 UFC/g pour la flore aérobie mésophile, 10^2 UFC/g pour *S. aureus* obtenues par Njongmeta *et al.* (23) chez les vendeurs non ambulants. Il en découle une contamination des kilishi dès le lieu de production.

Le niveau moyen de contamination du kilishi non pimenté par *S. aureus*, les *Clostridium* sulfito-réducteurs et la flore fongique est significativement supérieur à celui du kilishi pimenté ($P < 0,05$).

Indépendamment du type de kilishi, les niveaux moyens de contamination par les micro-organismes dénombrés (Tableau 4) sont supérieurs aux valeurs maximales admises par les critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les produits de charcuterie cuits pour être reconnus officiellement propres à la consommation (19, 20). Les valeurs de référence définies par ces critères sont de 3×10^5 UFC/g pour la flore aérobie mésophile, 10^2 UFC/g pour *S. aureus*, 10^3 UFC/g pour les coliformes, absence de *Salmonella* dans 25 g et 30 UFC/g pour les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Leur comparaison aux valeurs obtenues pour nos échantillons de kilishi analysés (Tableau 4) prouve que la qualité hygiénique de ces derniers est peu satisfaisante. Le niveau de contamination de certains kilishi (QSDP, CA, QM1, QM2, QTB et CM) par la flore aérobie mésophile qui est d'environ 10^7 UFC/g (Tableaux 2 et 3), est supérieur aux normes (3×10^5 UFC/g). Ceci peut s'expliquer par le fait que le kilishi est produit sur les trottoirs de rue (cas des échantillons CA, QM1, QM2 et CM) ou à côté d'anciennes décharges publiques (cas des échantillons QSDP), et exposé de ce fait à la poussière et aux mouches, vecteurs de spores de bactéries et de champignons. Ce constat est en accord avec les observations faites par d'autres auteurs (6, 12) qui ont remarqué que dans les pays en voie de développement, l'exposition des produits alimentaires à la poussière et aux mouches favorise leur contamination par des micro-organismes pathogènes. Par ailleurs, la matière première alimentaire peut être contaminée dès le départ ou lors de sa transformation par des bactéries pathogènes et ainsi engendrer des risques pour la santé des consommateurs (5). Ainsi, *B. cereus* et les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont présents dans le kilishi sous forme de spores capables de survivre aux températures de cuisson (7) auxquelles il est soumis lors de sa préparation. Par contre, les formes végétatives de ces deux micro-organismes sont détruites totalement à des températures strictement inférieures à 80°C (15).

D'après les données de l'ICMSF (17), les *Bacillus* et *S. aureus* sont présents sur les mains de manipulateurs d'aliments et dans l'environnement où ces aliments sont fabriqués. Ceci peut expliquer la présence de ces deux types de micro-organismes dans les échantillons de kilishi analysés due au non respect des bonnes

pratiques d'hygiène pendant la fabrication.

La prédominance des coliformes dans les échantillons QM1, QM2 et QTB et de *Salmonella* spp. dans les échantillons QSDP, CA et CM des deux types de kilishi (Tableaux 2 et 3) proviendrait entre autres des ingrédients (pâte d'arachide, épices, etc) utilisés dans leur préparation. En effet, ils sont écrasés dans des moulins préalablement nettoyés avec une eau de qualité hygiénique douteuse (eau de puits ou eau de « source ») et où ont été moulus auparavant des aliments de diverses origines de qualités microbiologiques inconnues.

La présence de levures et moisissures peut s'expliquer par l'utilisation d'arachides pré-contaminées ou par la contamination du produit fini par l'intermédiaire de vecteurs tels que les mouches.

La charge microbienne des kilishi non pimentés supérieure à celle des kilishi pimentés s'expliquerait entre autres par les vertus conservatrices du piment (11, 24). En effet, le piment contient des composés phénoliques et des huiles essentielles à propriétés antimicrobiennes (bactéricide ou bactériostatique, fongicide ou fongistatique) reconnues contre certains micro-organismes pathogènes contaminant les aliments à l'instar de *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Escherichia coli* (24), les levures et moisissures (11), etc.

Conclusion

A la fin de cette étude, le constat est que la majorité des kilishi produits dans les sept quartiers de la ville de Ngaoundéré où ont eu lieu les prélèvements n'est pas d'une bonne qualité microbiologique. En effet, leurs charges microbiennes totale et en micro-organismes responsables d'intoxications alimentaires (*B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp....) sont supérieures aux critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les produits de charcuterie cuits pour être reconnus propres à la consommation. De ce fait, ces kilishi représentent des risques pour la santé des consommateurs et devraient être retirés du marché. La diminution de la charge microbienne du kilishi serait possible en améliorant les conditions de production parmi lesquelles le remplacement du séchage au soleil qui se déroule à l'air libre par l'utilisation d'un séchoir clos et par un conditionnement du produit fini dans des sachets étanches de polyéthylène une fois fabriqué.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à MM. Agha S.F. et Pouani B.L. de l'ENSAI de l'Université de Ngaoundéré pour les maints commentaires constructifs apportés au présent travail.

Références bibliographiques

- Alonge D.O. & Hiko A.A., 1981, Traditional methods of meat preservation and preparation in Nigeria. *West African Farming*, March/April, 19-20.
- Barbut S., 2002, Poultry products processing: an industry guide. CPC Press LLC. Florida, USA. Pp. 546.
- Bilgili S.F., 2001, Poultry meat inspection and grading. Pp. 47-72. In: Alan R. Sams (eds) Poultry meat processing. CPC Press LLC. Florida, USA.
- Bourgeois C.M. & Leveau J.Y., 1991, Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Vol. 3: Le contrôle microbiologique, 2^e éd. Lavoisier-Tec & Doc, 454 p.
- Bryan F.L., 1988, Risks of practices, procedure and processes that lead to outbreaks of foodborne disease. *Journal of Food Protection*, 51, 663-673.
- Bryan F.L., Michanie S.C., Alvarez P. & Paniagua A., 1988, Critical control points of street-vended foods in Dominican Republic. *Journal of Food Protection*, 51, 373-383.
- Bryan F.L., Teufel P., Riaz S., Rooh S., Qadar F. & Malik Z., 1992, Hazards and critical control points of vending operations at a railway station and bus station in Pakistan. *Journal of Food Protection*, 55, 534-541.
- Buttiaux R., Beerens H. & Taquet A., 1974, Manuel de techniques bactériologiques, 4^e éd. Flammarion, Paris, 700 p.
- Conner D.E., Davis M.E. & Zhang L., 2001, Poultry borne pathogens: plant considerations. Pp. 137-156. In: Sams A.R. (eds). Poultry meat processing. CRC Press LLC. Florida, USA.
- Dyckman L.J. & Lansburgh J.E., 2002, Meat and poultry: better USDA oversight and enforcement of safety rules needed to reduce risk of foodborne illness. Pp. 101-135. In: Smyth V.L. (eds), Food safety is anyone watching? Nova Science Publishers Inc., New York, USA.
- Ejebi B.O., Nwafor O.E. & Okoko F.J., 1999, Growth inhibition of tomato-rot fungi by phenolic acids and essential oil extracts of pepperfruit (*Dennetia tripetala*). *Food Research International*, 32, 395-399.
- Ekanem E.O., 1985, The street food trade in Africa: safety and socio-environmental issues. *Food Control*, 9, 211-215.
- Flowers R.S., d'Acoust J.Y., Andrews W.H. & Bailey J.S., 1992, *Salmonella*. Pp. 371-422. In: Vanderzant C. & Splitstoesser D.F. (eds). Compendium of methods for microbiological examination of foods. American public health association. Washington D.C., USA.
- Frazier W.C. & Westhoff D.C., 1998, Food microbiology. McGraw-Hill Book Company Singapore. Pp. 539.
- Guiraud J. & Galzy P., 1980, L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires, Les Editions de l'Usine Nouvelle-Paris, 157-158.
- Hitchins A.D., Hartman P.A. & Todd E.C.D., 1992, Coliforms- *Escherichia coli* and its toxin. Pp. 324-369. In: Vanderzant C. & Splitstoesser D.F. (eds). Compendium of methods for microbiological examination of foods. American public health association, Washington D.C., USA.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), 1998, Microorganisms in Foods 6. Microbial Ecology of Food Commodities, Blackie Academic & Professionnal, Chapman & Hall Ltd, London.
- Institut Pasteur Production, 1980, Milieux et réactifs de Laboratoire Pasteur, Ed. Institut Pasteur-Paris, 573 p.
- Joffin C. & Joffin J.N., 1985, Microbiologie Alimentaire. Ed. CRDP (Centre Régional de Documentation Pédagogique), Bordeaux, p. 45.
- Journal Officiel de la République Française, 1980, Arrêté Ministériel du 21/12/1979 - Article 3: Critères microbiologiques relatifs aux viandes hachées, aux viandes cuites, aux produits de charcuterie, aux plats cuisinés et aux potages déshydratés. 784 N.C.
- Lawrie R.A., 1974, Meat Science, 2nd Edition, Oxford Pergamon Press, London 149 p.
- Mackenzie E.F.W., Windle Taylor E. & Gilbert W.E., 1948, Recent experiences in the rapid identification of *Bacterium coli* type 1. *J. Gen. Microbiol.* 2, 197-204.
- Njongmeta N.L.A., Ejoh R.A., Djoulde R., Mbofung C.M. & Etoa X.F., 2004, Microbiological and safety evaluation of street vended meat and meat product in Ngaoundere metropolis (Cameroon). *Microb. Hyg. Alim.* 16, 47, 43-48.
- Pradhan K.J., Variyar P.S. & Bandekar J.R., 1999, Antimicrobial activity of novel phenolic compounds from green pepper (*Piper nigrum* L.).

- Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 32, 121-123.
25. Ray B., 1996, Fundamental food microbiology. CRC Press, Boca Raton Florida, USA. Pp. 516.
 26. Singh R. & Seepersad G., 2001, A profile of the broiler industry in Trinidad and Tobago. *In: The caribbean poultry industry: competitiveness trade policy and development strategies.* Publ. caribbean poultry association. Pp. 20.
 27. Surujlal M. & Badrie N., 2003, Household consumer food safety study in Trinidad, West Indies. *Internet journal of food safety*, 3, 8-14.
 28. USDA-FSIS, 2004, Electronic Code for Federal Regulation (e-CFR). Animals and animal products. 9, CFR Volume 2. Part 381. Poultry products inspection regulations. Food safety and inspection service, United States Department of Agriculture.
 29. Varnam A.H. & Sutherland J.P., 1995, Meat and meat products: technology, chemistry and microbiology, Chapman & Hall Ltd, London, 430 p.
 30. Zar J.H., 1974, Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 151-155.
-
- A. Mbawala, Camerounais, Doctorat, Enseignant-chercheur, Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.
- B. Daoudou, Camerounais, DEA, Etudiant, Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.
- M.B. Ngassoum, Camerounais, Doctorat, Enseignant-chercheur. Département Chimie Appliquée, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

Efficacité de la synchronisation des chaleurs et insémination artificielle chez le bovin Azawak: intérêt du profil de progestérone

H. Marichatou^{1*}, M. Issa², I. Hamadou¹, M. Assane³ & C. Semita⁴

Keywords: Bovine- Progesterone- Artificial insemination- Synchronization of heats- Niger

Résumé

Depuis quelques années, le sperme de taureau Azawak sélectionné est utilisé en insémination artificielle (IA) sur les races bovines locales du Niger, pour améliorer le potentiel de production. Deux méthodes de synchronisation des chaleurs et des ovulations sont comparées: spirales vaginales PRID (Progesterone Intra Vaginal Device) et injection intra musculaire de GnRH (Gonadotropin Releasing Hormon). A cet effet, sept et six femelles Azawak ont été utilisées successivement pour les deux méthodes. Les IA ont été réalisées deux fois à 56 h et 68 h pour le PRID, et 20 h et 44 h pour le GnRH, après arrêt du traitement. L'apparition des chaleurs a été contrôlée par observation directe durant les 7 jours après la fin du traitement. Des prélèvements de sang ont été effectués chez dix femelles (5 de chaque lot) trois fois par jour de l'arrêt du traitement (J9) à J16, ensuite une fois quotidiennement jusqu'à J27 et enfin à un rythme bihebdomadaire pendant les 5 semaines qui ont suivi, en vue d'établir un profil de la progestérone plasmatique par animal. Par ailleurs, un diagnostic de gestation par palpation transrectale a été réalisé à trois mois. Pour chaque protocole, les chaleurs sont apparues chez trois femelles, dont deux avant la première IA, et la troisième beaucoup plus tard (1 et 5 jours respectivement pour le PRID et le GnRH). L'élévation du taux de progestérone plasmatique de ces deux vaches est survenue dans les deux jours après la première IA, avec une gestation sur les deux pour le PRID, et deux pour le GnRH. Les trois dont les chaleurs n'ont pas été constatées, n'ont pas été gestantes dans les deux cas; elles ont eu une augmentation progestéronique à partir de 3 et 8 jours après la première IA respectivement pour le PRID et le GnRH. En conclusion, nous n'avons pas observé de différence dans les réponses aux traitements. En outre, les femelles sans chaleurs observées ont tout de même montré un cycle normal mais avec des ovulations tardives n'ayant pas permis de fécondation. Ces résultats nous suggèrent d'une part de faire la première IA dès l'apparition des chaleurs, et d'autre part de n'inséminer que sur chaleurs observées.

Summary

Efficiency of Estrous Synchronization and Artificial Insemination in Azawak Cows: Interest of the Progesterone Profile

For a few years, the sperm of selected Azawak bull has been used in artificial insemination (AI) on the local bovine races of Niger, to improve the potential of production. Two methods of estrous and ovulation synchronization are compared: vaginal spirals PRID (Progesterone Vaginal Intra Device) and intra muscular injection of GnRH (Gonadotropin Releasing Hormon). For this purpose, seven and six Azawak Females were successively used by treatment. AI were carried out twice at 56 h and 68 h for the PRID, and 20 h and 44 h for the GnRH, after stop of the treatment. Heats appearance was controlled by direct observation during the 7 days following the end of the treatment. Blood were carried out for ten females (5 of each batch) three times per day from J9 to J16, then once daily until J27, and finally at twice-weekly intervals during the 5 weeks which followed, in order to establish a profile of plasmatic progesterone by animal. In addition, a pregnant diagnosis was carried out per transrectal palpation, three months after AI. For each of the two treatments, three females expressed estrus, including two before the first AI, and the third later (1 and 5 days respectively for the PRID and GnRH). The increase of plasmatic progesterone rate of these two cows, occurred in the two days after the first AI, with a pregnant on both for the PRID, and two for GnRH. The three whose heats were not noted, were not pregnant in both cases, and had an increase in the plasmatic progesterone rate 3 and 8 days after the first AI respectively for the PRID and GnRH. In conclusion, we did not observe a difference in the answers of two treatments. Moreover, the females without estrus observed, were showed a normal cycle (by the progesterone profile) but with late ovulations that have not allowed fecundation. These results suggest us once more, to make the first IA as of the appearance of heats, and in addition, to inseminate only on heats observed.

¹Département Productions animales, Faculté d'agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

²Département biologie, Faculté des sciences, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

³Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire (EISMV), Dakar, Sénégal.

⁴Faculté de Médecine Vétérinaire, Département de pathologie animale, Grugliasco, Turin, Italie.

*Département Productions animales, Faculté d'agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Tel: (00227) 93 91 65 31 Fax: (00227) 20 31 50 08 E-mail: marimani_m@yahoo.fr / maricha@refer.ne

Reçu le 14.09.09 et accepté pour publication le 29.07.10.

Introduction

Malgré son importance numérique, le cheptel bovin nigérien n'arrive pas à couvrir les besoins alimentaires d'une population humaine dont le taux de croissance est l'un des plus élevés dans le monde. L'état a de plus en plus recouru à l'importation des produits laitiers sous toutes ses formes pour répondre à la demande. Vu ses performances en production de lait (meilleure laitière de l'Afrique de l'Ouest) (3) et de viande (rendement carcasse de 50% environ) (2), le zébu Azawak a été choisi par l'Etat pour l'amélioration du potentiel de production des autres races locales en milieu éleveur.

La Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous (SSET) a été créée en 1954; elle avait comme objectifs la sélection et la diffusion du zébu Azawak dans les élevages traditionnels (1). Cette sélection a abouti à l'amélioration de la production laitière des femelles Azawak, qui varie entre 800-3000 kg de lait par vache et par lactation de 270 à 300 jours; aussi, il y eu l'uniformisation de la robe des animaux, qui est de couleur fauve avec des muqueuses noires.

L'Insémination Artificielle (IA) étant un outil performant de diffusion du matériel génétique largement utilisé dans le monde, un laboratoire de production de matériel séminal du zébu Azawak et d'IA, a été installé à la SSET pour accompagner ces efforts.

Dans le but de grouper les IA (pour diminuer les coûts et interventions), la synchronisation s'impose. Or, la réponse des races bovines locales à cet acte n'est pas connue et peut être différente de celle des races européennes sur lesquelles les différents produits ont été préalablement testés. En effet, le climat semble avoir un effet sur la physiologie animale; ainsi, l'œstrus qui dure 18 à 24 h chez le bovin sous climat tempéré (18), se réduit beaucoup quand cet animal est transféré en milieu tropical (13).

Dans l'objectif de mieux maîtriser la physiologie de reproduction de la femelle Azawak pour l'IA, cette étude se propose de comparer l'efficacité de deux schémas de synchronisation [Progestérone Intra Vaginal Device (PRID) et Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH)] et d'IA chez ce zébu. Le profil de progestérone est utilisé pour apporter des précisions sur la réponse physiologique.

Matériel et méthodes

1. Matériel

L'étude a été menée à la SSET, située à 200 km au nord de Niamey (14°31 de l'altitude Nord et 3°18 de longitude Est); le climat est aride, de type sahélien (141 à 456 mm de pluies /an avec une moyenne de 300 mm), caractérisé par une saison des pluies (période de l'expérience) s'étendant de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. La température moyenne est de 34 °C (minimas de 10 °C à 20 °C en

décembre/janvier et maximas de 34 °C à 40 °C en mars/avril).

La station a une superficie de 4474 ha, et est divisée en 31 parcelles (de 49 à 283 ha) avec du fil de fer barbelé afin de permettre une rotation de pâturage. Le système d'élevage pratiqué est de type extensif. La végétation herbacée est à dominance de graminées annuelles: *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*. Il y a une abondance relative des ligneux (210 individus par ha en moyenne) constitués principalement de *Maerua crassifolia* et *Balanites aegyptiaca*.

La complémentation alimentaire qui n'a pas lieu chaque année en raison de son coût élevé, se fait en saison sèche et ne concerne que les vaches en lactation.

L'abreuvement des animaux est assuré à partir de forages équipés de système de pompage.

Le matériel animal était constitué de treize (13) femelles Azawak issues de la SSET, ayant les caractéristiques suivantes.

	Numéro femelle	Age de l'animal (années)	Nombre de gestations	Durée dernier post-partum (mois)
Traitement au GnRH	0392	5	2	4
	01162	7	2	16
	01183	7	4	3
	9936	9	5	3
	9764	11	6	3
	9570	13	6	22
Traitement au PRID	04272	4	1	3
	0480	5	1	3
	0419	5	1	12
	03215	5	1	18
	9880	10	6	3
	98165	10	5	3
	97132	11	5	17

Aucune de ces femelles n'était allaitante au moment de l'expérimentation. Ces femelles étaient celles disponibles en fonction de nos critères (au moins à trois mois de la dernière mise bas, ayant mis bas au moins une fois (sont donc fertiles), une note d'état corporel de 3,5; et non allaitantes).

Sur le plan sanitaire, elles étaient indemnes de la tuberculose et de la brucellose, et vaccinées contre les grandes épizooties (la péripneumonie contagieuse bovine, les deux charbons, la pasteurellose).

2. Méthodes

Deux traitements ont été appliqués à deux lots d'animaux:

- Le 1^{er} lot (n= 7) a reçu une spirale vaginale (PRID CM; CEVA Santé Animale, Libourne, France), de J0 (1^{er} jour) à J9; 1 mg de Cloprostenol (juramateND;

Jurox Pty.Ltd, Australia) à J7 par voie IM; et 400 UI de PMSG (FolligonND; Intervet Italia S.r.l., Milano) à J9 (le jour du retrait) par voie IM. Les inséminations artificielles ont été faites à 56 h et à 68 h après le 9^{ème} jour.

- Le 2^{ème} lot (n= 6) a reçu en injection IM 100 µg de GnRH à J0, 1 mg de Cloprostenol (JoramateND; Jurox Pty.Ltd, Australia) à J7 et 100 µg de GnRH à J9. Les IA ont été réalisées à 20h et à 44h après la 2^{ème} injection de GnRH.

Le sperme utilisé a été collecté au vagin artificiel chez un taureau Azawak pesant 500 kg. De qualité satisfaisante (volume de 9,5 ml; motilité massale de 4, motilité individuelle de 80%, concentration de 1,2.10⁹ spermatozoïdes/ml, pourcentage de spermatozoïdes morts de 15%, pourcentage d'anormaux de 5%), il a été dilué au *Bioxcell* CSS (IMV Technologies, France) pour avoir 20 millions de spermatozoïdes par paille de 0,5ml; et réfrigéré à 4 °C avant le 1^{er} dépôt; dans ces conditions, il est utilisable pendant 72 h.

3. Paramètres mesurés

3.1. Les chaleurs induites

Les chaleurs ont été détectées par observation directe pendant 30 minutes, trois fois par jour (8 h, 16 h et 24 h) par nous-mêmes, durant les 5 jours après la fin du traitement; une femelle est en chaleurs quand elle accepte le chevauchement par ses congénères, ou quand il y a écoulement de glaire par la vulve. Le début et la fin de l'œstrus ont été notés, la durée calculée.

3.2. Les gestations

Elles ont été déterminées par deux méthodes:

▲ le profil de progestérone: pour cela, chez 5 animaux de chaque traitement, du sang a été prélevé dans des tubes héparinés, trois fois par jour (8 h, 16 h et 24 h) de J9 à J16, puis une fois par jour pendant 11 jours, et deux fois par semaine pendant 35 jours; il a été centrifugé et le plasma recueilli. La progestérone y a été dosée selon la méthode «Radio Immuno-Assay (RIA)». Le principe est basé sur une compétition entre un antigène marqué dit chaud (Ag*), et un antigène non marqué ou froid (Ag°) contenu dans le plasma, vis-à-vis d'un nombre limité de sites d'anticorps dans un tube. Pour ce faire, des kits commerciaux (IMMUNOTECH SAS, Marseille Cedex 9 France) ont été commandés et utilisés. Les analyses ont eu lieu au laboratoire du département de médecine nucléaire de l'Institut des Radios Isotopes (IRI) de l'Université Abdou Moumouni (Niger).

▲ la palpation transrectale à 85 jours après l'IA.

4. Analyses statistiques

Les profils de progestérone ont été représentés; les résultats ont été exprimés en moyenne ± écart type et le test U de Mann et Whitney a servi à la comparaison des moyennes.

Résultats

1. Les chaleurs

Deux femelles sur six traitées au GnRH (soit 33%) et trois sur sept au PRID (soit 43%), ont été vues en chaleurs pendant la période d'observation (Tableau 1). Les chaleurs sont apparues 4 h après la fin du traitement au GnRH, et entre 36 et 60 h après le retrait du PRID. Par ailleurs, les chaleurs ont été plus fugaces avec le GnRH (12 h pour les deux animaux)

Tableau 1
Caractéristiques des chaleurs pour les deux traitements

Traitement	N° de vache	Début chaleurs (temps après 2 ^{ème} injection GnRH)	Fin chaleurs (temps après 2 ^{ème} injection GnRH)	Durée chaleurs	
GnRH	01 183	4 h	16 h	12 h	
	97 64	4 h	16 h	12 h	
	Durée moyenne des chaleurs (GnRH)				12 h
	99 36	6 jours	/	/	
	03 92	/	/	/	
	01 162	/	/	/	
	95 70	/	/	/	
	PRID	(temps après retrait du PRID)		(temps après retrait du PRID)	
		04 19	36 h	60 h	24 h
		97 132	52 h	68 h	16 h
98 165		60 h	104 h	44 h	
Durée moyenne des chaleurs (PRID)				28 h	
03 215		12 jours	/	/	
04 80		/	/	/	
04 272		/	/	/	
Durée moyenne des chaleurs				21,6 h	

N.B.: Cases en hachuré pour les femelles non venues en chaleurs ou venues au-delà des jours d'observation.

Tableau 2
Diagnostic de gestation

Traitement	N° de vache	Chaleurs observées	Par palpation transrectale à 85 jours	Par le profil de Progéstérone
GnRH	01 183	oui	Gestante	Gestante
	97 64	oui	Gestante	Gestante
	99 36	Après 6 jours	Gestante	Gestante, pas de l'IA
	03 92	Non	Vide	vide
	01 162	Non	vide	vide
	95 70	Non	vide	Non dosé
PRID	04 19	oui	Gestante	Gestante
	97 132	oui	vide	vide
	98 165	Lendemain de l'IA1	vide	vide
	03 215	Après 12 jours	vide	Non dosé
	04 80	Non	vide	Non dosé
	04 272	Non	vide	vide
	9880	Non	vide	vide

N.B.: Les cases en hachurée sont celles des femelles venues en chaleurs pendant les 5 jours d'observation.

qu'avec le PRID (28 h en moyenne).

2. Les gestations

A la palpation transrectale à 85 jours, il a été détecté 3 femelles gestantes sur les 6 traitées au GnRH, et 1 sur les 7 traitées au PRID (Tableau 2). Ces gestations ont été confirmées avec les profils de progéstérone.

3. Les profils de progéstérone

Les profils de progéstérone des dix femelles sont représentés sur les figures 1 et 2 et donnent deux types d'information:

3.1. Le diagnostic de gestation

- Les femelles 9764, 01183 (traitées au GnRH) et

0419 (traitée au PRID), ont un niveau de progéstérone plasmatique qui s'élève régulièrement (>1 ng/ml) jusqu'à 3 semaines post-IA et se maintient jusqu'au 3^{ème} cycle (fin de nos prélèvements). Elles sont gestantes de l'IA.

- Pour l'animal 9936 (traité au GnRH), le niveau de progéstérone est redevenu basal (< 1 ng/ml) après un cycle; trois semaines plus tard, la progéstéronémie devient et se maintient élevée, elle est donc gestante mais pas de l'IA. Il y a eu probablement une saillie naturelle non voulu le cycle suivant, même si le troupeau des mâles se trouve dans un parc séparé et très éloigné de celui de ces femelles.

- Pour les autres femelles [9936, 0392, 01162 (Figure

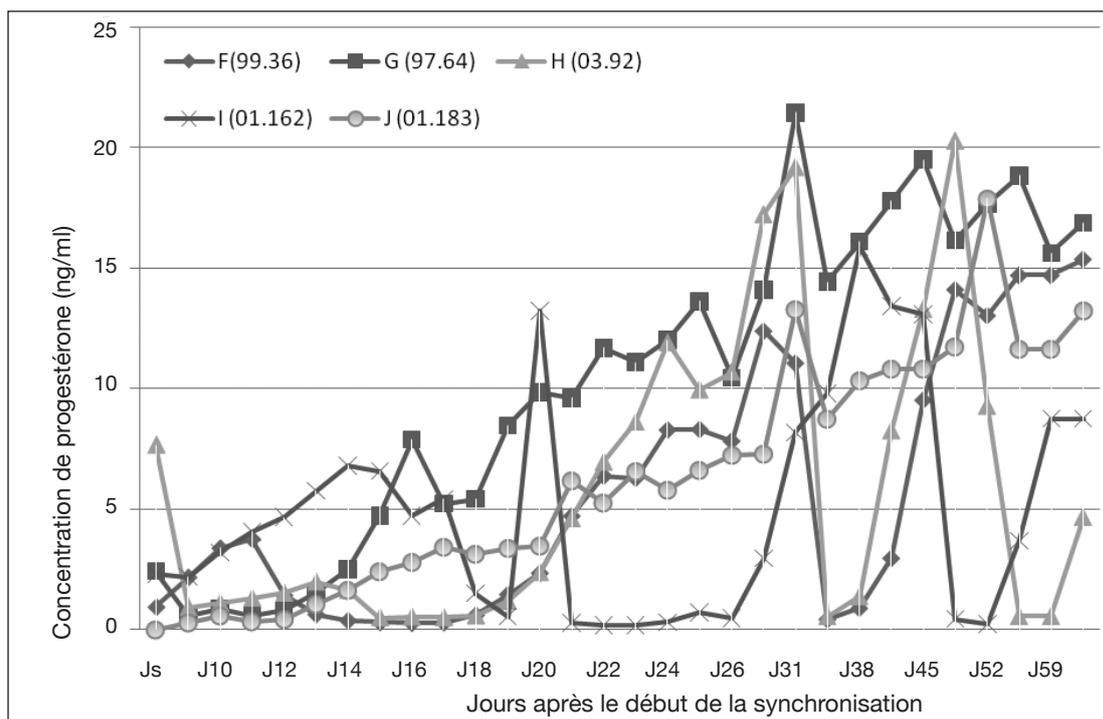


Figure 1: Profils de progéstérone des animaux traités à la GnRH.

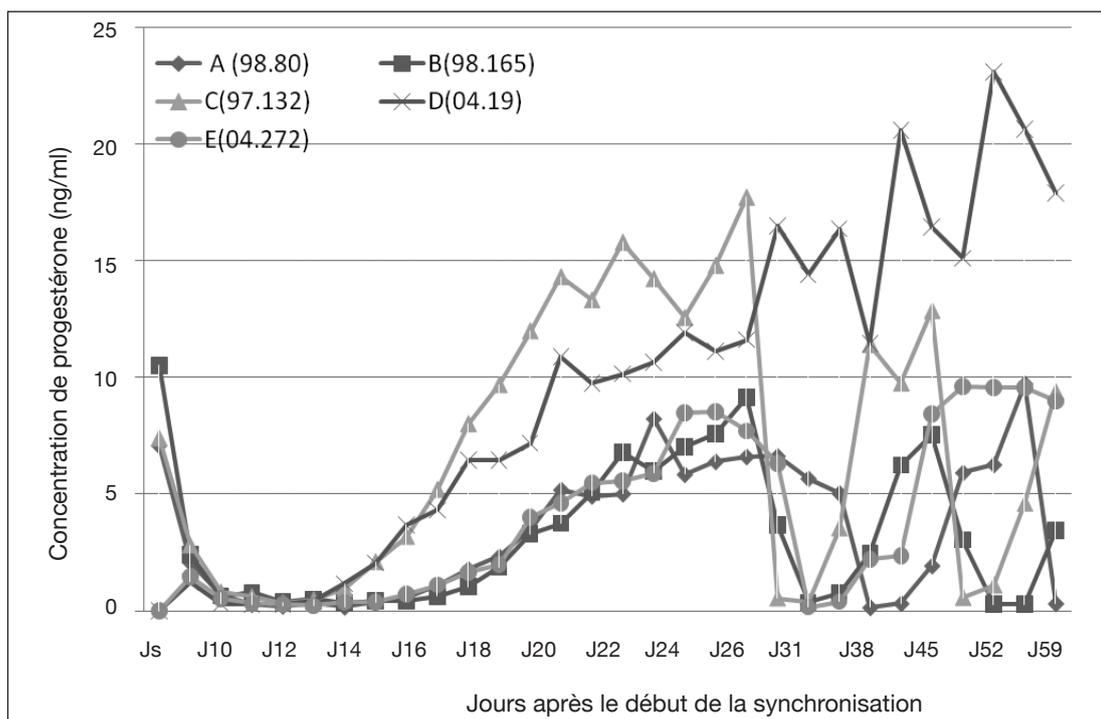


Figure 2: Profils de progestérone des animaux traités au PRID.

1), 9880, 98165, 97132, 04272 (Figure 2), le niveau de progestérone était en dessous du seuil (<1 ng/ml) 20 à 30 jours après l'IA. Elles n'ont pas été fécondées.

3.2. Le moment de l'ovulation

Sur la figure 1 (traitement GnRH), les femelles n°9764 et 01183 (en chaleurs pendant l'observation) ont eu leur première augmentation de progestérone plasmatique dans les deux jours post-IA, contrairement aux n°9936 et 0392 (non observées en chaleurs) dont la progestéronémie n'a augmenté que vers 8 jours post-IA. Les premières ont été fécondées contrairement aux secondes qui n'ont pas été gestantes. Les courbes suggèrent que pour les premières, les IA ont été réalisées pendant la période d'ovulation (elles ont été fécondées), tandis que pour les secondes, les inséminations artificielles ont été faites trop tôt par rapport aux ovulations, et il n'y avait donc aucune chance de fécondation.

De la même façon que précédemment, sur la figure 2 (traitement PRID), on remarque aussi que les femelles n° 9880, 98165 et 04272 non venues en chaleurs, ont ovulé plus tardivement (niveaux de progestérone commençant à augmenter vers 5 jours post-IA) par rapport aux femelles n°97132 et 0419 (progestérone plasmatique augmentant dans les deux jours post-IA). Là également, les premières n'ont pas été fécondées contrairement aux secondes dont une a été gestante. Il faut signaler le cas particulier du n° 01162 (Figure 1) qui avait un niveau de progestérone en augmentation au moment de l'IA, et l'inhibition exercée par la progestérone sur la LH ne pouvait pas favoriser la croissance terminale du follicule dominant et l'ovulation (15).

Discussion

La réalisation de ce travail à la SSET tient au fait que c'est la seule station disposant de bovins Azawak purs sélectionnés depuis plus d'un demi siècle, les animaux ont des fiches de suivi permettant un choix, il y avait la disponibilité des animaux et le centre d'insémination artificielle bovine y était installé.

Il a été recherché dans cette expérience, d'abord le niveau d'induction comparatif des chaleurs ou ovulation chez le zébu Azawak avec deux méthodes préconisées dans la maîtrise de la reproduction (PRID versus GnRH), ensuite de tenter d'expliquer sur le plan physiologique, les échecs de fécondation qui en découleraient. Le choix de treize animaux a été guidé par les difficultés de mise en œuvre du protocole, notamment les prélèvements sériés sur une longue durée, et le coût du dosage des échantillons de plasma. Des animaux en bon état corporel, avec des vêlages faciles et un intervalle vêlage-insémination élevé, sont une situation favorable à la synchronisation.

Bien que le contrôle d'œstrus soit discontinu, avec un rythme de trois fois par jour, il doit permettre de détecter l'ensemble des chaleurs apparues, au regard des plus faibles durées enregistrées (10 h) en milieu tropicale (14). De cette expérience, on retient que les deux méthodes ont induit les chaleurs de façon identique, mais faiblement. Sur des races européennes (Charolaise et Limousine), Dezeaux (6) a noté que la race, la note d'état corporel, le rang de vêlage, la cyclicité, ont été associés de façon hautement significative au taux de synchronisation. De ces facteurs, seul le rang de vêlage était hétérogène dans

les lots que nous avons utilisés.

Les chaleurs sont apparues plus tôt avec le traitement au GnRH (4 h après la fin du traitement) qu'avec le PRID (28 h après retrait du PRID). On comprend aisément pourquoi les inséminations sont préconisées plus tôt avec le GnRH (2 inséminations à 20 h et 44 h) qu'avec le PRID (56 h et 68 h).

Par ailleurs, les chaleurs observées ont été plus fugaces avec le GnRH (12 h contre 28 h pour le PRID). Cette courte durée trouve son explication dans le fait que l'injection de GnRH réalisée 48 h après celle de PGF₂ α provoque un pic de LH et l'ovulation 24 à 32 h (Pursley *et al.*, 1995 et 1998 cités par 12), terminant ainsi la production d'œstrogène. Par conséquent, il y aura peu ou pratiquement pas de manifestation des signes de chaleurs par manque d'œstradiol qui en est le responsable (17). Selon le même auteur, le programme au GnRH est un traitement d'induction de synchronisation de croissance folliculaire et d'ovulation chez les femelles traitées.

La durée des chaleurs que nous avons obtenues pour les vaches traitées avec le GnRH, rejoint celle rapportée par Mialot *et al.* (15) cités par Grimard *et al.* (12) dans le cadre du traitement du subœstrus en France, par l'utilisation de cette hormone. Par contre celles traitées au PRID ont donné une moyenne très longue par rapport à la durée de 11 h \pm 3 rapportée par Marichatou *et al.* (14) chez le zébu Azawak.

Les informations issues de l'observation des animaux sont primordiales, mais souvent incomplètes pour la maîtrise de la conduite de la reproduction; la connaissance des différents états physiologiques des femelles s'impose, et il devient indispensable d'avoir recours à l'analyse des niveaux de progestérone (19). L'estimation de la progestéronémie est un outil expérimental largement utilisé dans le monde, mais dont la contrainte de la réalisation ne permet pas d'utiliser des effectifs importants d'animaux, à moins de réduire le nombre de prélèvements; c'est ce qui justifie la faiblesse de nos échantillons.

L'allure des courbes cycliques de progestérone, est identique à celle déjà rapporté par Gouro et Yénikoye (10) chez la race Azawak. Les valeurs minimales de progestéronémie (0,21 \pm 0,097 ng/ml pour le PRID et 0,38 \pm 0,14 ng/ml pour le GnRH) ont été observées durant l'œstrus, puis ont persisté 24 à 48 h, avant d'augmenter lentement à partir des 3^e et 5^e jours. Ceci permet de suggérer, comme ces auteurs (6, 10), qu'au-delà de 1 ng/ml, on se trouve en phase lutéale. Même si, il est rapporté que le GnRH permet une synchronisation des ovulations et le PRID une synchronisation des chaleurs, on a eu globalement les mêmes résultats: deux chaleurs et deux ovulations dans les 5 jours et trois ovulations tardives. Une efficacité similaire en termes de taux de gestation à 37 jours, de l'association GnRH-PgF₂ α -GnRH et du protocole PRID-PgF₂, a été trouvée sur des effectifs importants chez les vaches de race allaitante,

charolaises et limousines (6). Mais nos résultats sont contraires à ceux de Bulbul et Ataman (4) qui ont trouvés un taux de gestation avec le PRID (90,9%) supérieur à celui avec le GnRH (46,1%).

Aussi, les profils nous indiquent que les taux de gestation sont justes, car il n'y a pas eu de mortalité embryonnaire, alors que des taux de 12 à 23% sont rapportés au cours des 50 premiers jours par d'autres auteurs (5, 8, 11) sur des effectifs plus importants.

Il ressort d'analyses, que les traitements de type GnRH – Prostaglandines – GnRH permettent d'obtenir des résultats plus intéressants car ils combinent une action à la fois sur les follicules ovariens (par le GnRH) et sur le corps jaune (par les prostaglandines) (7). Cependant, il permet d'avoir un bon taux de synchronisation pour les vaches cyclées à la mise en place du traitement, mais est moins efficace pour induire l'ovulation chez les individus en absence de cyclicité (6); mais contrairement à ces auteurs, Geary *et al.* (9) pour qui, il n'y a pas eu de différence de synchronisation entre les animaux non cyclés et cyclés avant traitement. Il serait intéressant d'investiguer sur l'effet du statut de la femelle (cyclée ou non) sur le résultat, en intégrant le fouiller rectal (pour relever la présence de corps jaune sur les ovaires) dans le protocole.

Les différents profils ont permis de constater que même si peu de femelles ont été vues en chaleurs, toutes ont ovulées, ce qui peut indiquer l'existence de chaleurs silencieuses. Il faut noter par ailleurs qu'avec le PRID, le taux des chaleurs silencieuses est important, même si Gouro et Yénikoye (10) n'ont pas trouvé de chaleurs silencieuses chez l'Azawak. Cette situation rend plus difficile la maîtrise du moment de l'insémination artificielle, car dans ce cas de figure, il y a peu de chance que l'ovule pondu trouve des spermatozoïdes (déposés à l'aveugle dans les 72 h suivant l'arrêt du traitement de synchronisation) vivants, avec comme conséquence une baisse du taux de réussite des fécondations. Cela suggère que pour maximiser le taux de réussite sur le terrain, d'une part, il ne faut inséminer que les femelles venues en chaleurs, d'autre part, il serait préférable de le faire dès qu'elles sont vues en chaleurs, contrairement à ce qui est indiqué dans les schémas de synchronisation et IA adaptés pour les races européennes (insémination le soir quand les chaleurs sont vues le matin, et vice versa). Par voie de conséquence, cela permettra d'améliorer le taux de fertilité et de réduire la variabilité de la réponse au traitement.

L'établissement du profil de la progestérone plasmatique après deux cycles œstraux, confirme que le taux de cette hormone 24 jours après IA est un indicateur de non gravidité. En d'autres termes, quand le niveau redevient basal (<1 ng/ml) l'animal est certainement vide, par contre en cas d'élévation, elle est supposée gestante mais peut ne pas l'être; entre autres raisons, il y a la persistance d'un corps jaune.

Conclusion

Les traitements de maîtrise de cycle constituent un moyen efficace pour l'application de l'IA. Cependant sa réussite est conditionnée par la maîtrise de certains paramètres comme la période post-partum, l'état corporel des femelles, et la qualité de la semence.

L'étude présentée ici, a été réalisée sur treize vaches zébus Azawak en bon état corporel, de la station de Toukounous, avec un mode de conduite alimentaire (pâturage naturel) pas très différent du milieu éleveur. Cette expérimentation a permis d'une part, la comparaison des traitements PRID et GnRH, et d'autre part de trouver des explications physiologiques aux échecs de fécondation (suite à l'IA à l'aveugle), en vue d'améliorer le taux de réussite de cet acte. En outre cette étude a prouvé la fiabilité du diagnostic de gestation par palpation rectale à travers sa confirmation par les profils de la progestérone au

cours du cycle des différentes vaches.

Il ressort de cette étude que, pour obtenir une bonne fertilité en IA chez la race Azawak dans les conditions tropicales, il ne faut inséminer les vaches que si elles montrent des signes de chaleurs, avec une première IA dès leur apparition et la deuxième 12 heures plus tard. Cela est tout à fait compatible avec une synchronisation des chaleurs ou ovulations.

A titre de recommandation, dans le but de minimiser les pertes économiques qui seront dues aux synchronisations sans IA si on opérait en milieu réel, il reviendra au technicien de tout mettre en œuvre pour une bonne détection des chaleurs par l'éleveur et une meilleure transmission de l'information à l'inséminateur. A ce prix, nous pouvons espérer augmenter le taux de réussite de l'IA qui oscille autour de 30% au Niger.

Références bibliographiques

- Achard F & Chanono M., 1995, Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounous, dans le sahel nigérien. *Sécheresse*, 6: 215-222.
- Ba Y., 2002, Suivi du développement fœtal par échographie chez le zébu (*Bos indicus*). Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural: Université d'Ougadougou.
- Belemsaga D.M.A., 1993., Contribution à l'étude de la biologie et de la productivité du Zébu (*Bos indicus*) Azawak en exploitation semi intensive au Burkina Faso. Thèse: Méd. Vét: Dakar; 7.
- Bulbul B. & Ataman M.B., 2006, Effet de la parité sur la réussite de la synchronisation de l'oestrus chez la vache. *Rev. Méd. Vét. Pays Trop.* **157**, 3, 158-162. Bulman D.C. & Lamming G.E., 1979, The use of milk progesterone analysis in the study of estrus detection, herd fertility and embryonic mortality in dairy cows. *Br Vet J*; 135(6): 559-67. PMID: 534941 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- Dezaux Pierrick, 2001, Synchronisation des chaleurs chez les vaches allaitantes par l'association GnRH-PGF2 α -GnRH. Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, France.
- Fournier & Driancourt, 2007, Maîtrise de l'oestrus en troupeau allaitant dans le contexte européen. *Partners in reproduction*, Intervet, Research, Performance, Intergity, Volume **3**, Issue 1.
- Franco O.J., Drost M., Thatcher M.J., Shille V.M. & Thatcher W.W., 1987, Fetal survival in the cow after pregnancy diagnosis by palpation per rectum. *Theriogenology*, 27, 631-644.
- Geary T.W., Whittier J.C., Downing E.R., Lefever D.G., Silcox R.W., Holland M.D., Nett T.M. & Niswender G.D., 1998, Pregnancy rates of post-partum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate B or the Ovsynch protocol. *J. Anim. Sci.* **76**, 1523-1527.
- Gouro S.A. & Yénikoye A., 1991, Etude préliminaire sur le comportement d'oestrus et la progestéronémie de la femelle zébu (*Bos indicus*) Azawak au Niger. *Rev. Méd. Vét. Pays Trop.* **44**, 1, 100-103.
- Gowan E.W., Etches R.J., Bryden C. & King G.J., 1982, Factors affecting accuracy of pregnancy diagnosis in cattle. *J. Dair. Sci.* **65**, 1294-1302.
- Grimard B., Humblot P., Ponter A.A., Chastant S., Constant F. & Mialot J.P., 2003, Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins, *INRA Prod. Anim.* **16**, 3, 211-227.
- Gwazdauskas F.C., 1985, Effects of climate on reproduction in cattle. *J. Dairy Sci.* **68**, 1568-1578.
- Marichatou H., Tamboura H. & Traoré A., 2004, Synchronisation des chaleurs et insémination artificielle bovine. Fiche technique n°9, CIRDES, Burkina Faso, 1-7.
- Mialot J.P., Ponsart C., Ponter A.A. & Grimard B., 1998, L'anoestrus post-partum chez les bovines: thérapeutique raisonnée. *Journées Nationales des GTV, Tours*, p. 71-77.
- Mialot J-P., Constant F., Dezaux P., Grimard B., Ponter A.A. & Detang F., 2003, Estrus synchronization in beef cows: comparison between GnRH + PGF2 + GnRH and PRID + eCG. *Theriogenology*, **60**, 2, 319-330. O'Connor M.L., Estrous synchronization programs for the dairy herd Department of Dairy and Animal Science, The Pennsylvania State University, 324 Henning Building, University Park, PA 16802, (814) 865-5491 • Fax (814) 865-7442, <http://home.cc.umanitoba.ca/~plaizier/synchron.pdf> consulté le 12/05/2010.
- Thibier M., 1976, Le cycle sexuel de mammifères domestiques. *Economie et Médecine Animales*, **17**, 3, 117-177.
- Thimonier J., 2000, Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *INRA Prod. Anim.* **13**, 3, 177-180.

H. Marichatou, Nigérien, Docteur vétérinaire, Docteur d'Université en reproduction animale, Enseignant-chercheur, Maître de conférences, Chef du département Productions Animales, Faculté d'agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

M. Issa, Nigérien, Docteur en reproduction animale, Maître-assistant, Chef du département biologie, Faculté des sciences, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

H. Issa, Nigérien, titulaire d'un master en production animale, Département Productions Animales, Faculté d'agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

M. Assane, Nigérien, Professeur titulaire, Coordinateur des études, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire (EISMV), Dakar, Sénégal.

C. Semita, Italien, Docteur vétérinaire, Enseignant-chercheur, Faculté de Médecine Vétérinaire, Département de pathologie animale, Grugliasco, Turin, Italie.

Growth Performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Fed Varying Inclusions of *Leucaena leucocephala* Seed Meal

A.O. Sotolu*

Keywords: Plant protein- *Leucaena* seed meal- Soya bean meal- Catfish feeding- Aquaculture- Nigeria

Summary

This study examined the utilization of *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit) seed meal (LSM) for sustainable fish production. Six isonitrogenous; 40% crude protein diets were formulated where LSM replaced Soya bean meal (SBM) at 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% inclusions. Catfish fingerlings (5.21 ± 0.14 g) stocked at 25 fish/70 liters tanks were fed diets in triplicates three times daily for 112 days. Data from the completely randomized experiment were subjected to ANOVA and correlation analysis was separated at 5% probability level. Mean weight gain (MWG) and Specific growth rate (SGR) of fish fed 20% LSM were statistically different ($p < 0.05$) from those fish fed LSM at higher inclusion rates. Fish MWG, SGR, PER and FCR significantly ($p < 0.05$) correlated negatively with LSM inclusion rates $r = -0.62, -0.57, -0.78$ and -0.64 respectively. Fish carcass proteins of fish were statistically the same for 0%, 20% and 40% LSM fed fish. In the present study processed *leucaena* seed meal can be considered as a good alternative raw material in substitution to soya bean meal for *Clarias gariepinus* fingerlings' diets at 20% inclusion level.

Résumé

Performance de croissance et hématologie de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) nourri de graines de *Leucaena leucocephala*

Cette étude a examiné l'utilisation de repas à base de graines de *Leucaena leucocephala* (LSM) pour une production durable de poisson. Six repas isoazotés à 40% de protéines brutes ont été formulés où LSM a remplacé l'aliment Soja (SBM) au taux de 0%, 20%, 40%, 60%, 80% et 100%. Des alevins de poisson-chat (5.21 ± 0.14 g) stockés à 25 poissons par aquariums de 70 litres ont été alimentés en triplicats, trois fois par jour pendant 112 jours. Les déchets solides ont été siphonnés tous les jours avant l'alimentation avec renouvellement total d'eau lors des prises de données sur la croissance du poisson. Le gain de poids moyen (MWG) et le taux de croissance spécifique (SGR) du poisson nourri à 20% LSM était statistiquement différent ($p < 0,05$) de ceux à taux d'inclusion plus élevés. Les valeurs MWG, SGR, PER et FCR sont négativement corrélés taux d'inclusion de LSM, $r = -0.62, -0.57, -0.78$ et -0.64 respectivement. Les taux de protéines de la carcasse de poisson, ont été statistiquement les mêmes pour 0%, 20% et 40% LSM. Dans cette étude, le régime à base de graines de *leucaena* traitée peut être considéré comme une bonne alternative de matière première en substitution de la graine de soja pour l'alimentation d'alevins de *Clarias gariepinus* à un niveau d'inclusion de 20%.

Introduction

Lack of readily available nutritive fish feed ingredients have continued to be a major constraint to the survival of aquaculture in the competitive global food production system (8, 15). Consequently, fish nutrition experts world over have considered the recruitment of alternative protein feed ingredients necessary for inclusion in fish diet. Several studies have shown that vegetable protein sources have high potentials for supplying fish with required protein needed for their maximum productivity (10, 14). However, in the compounding of fish ration with plant protein sources, cautions need to be exercised as to their inclusion levels in fish diets as well as ensuring their proper

processing for effective utilization (9, 17). The need for such recommendations have been due to the presence of certain limiting factors in those ingredients such as high crude fiber content (14), antinutritional factors such as in *Vigna subterranea* (1). Studies have shown that, excessive consumption of plant protein sources by fish could cause slower growth rates and poor performance which may result in mortalities if condition persists (4, 9). *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit) demonstrated good potential to serve as a useful plant protein source in fish ration and in the livestock industry generally (6, 12, 24). However, it has been established that *leucaena* contain mimosine-a

*Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, Lafia, P.M.B. 135, Lafia, Nigeria.
Email sotoluola@yahoo.com Tel +234 809 109 2073

Received on 20.01.10 and accepted for publication on 30.07.10.

non-protein amino acid capable of inhibiting protein biosynthesis in animal causing growth retardation if consumed intensively (6, 24). Cruz and Laudencia (5) found out that 33 to 100% leucaena leaf meal as integral part of supplemental feed enhanced the growth of *Oreochromis niloticus* (Linn) fingerlings in Lake Laguna while D'Mello and Acamovic (6) stressed its potential as a good feed ingredient in the culture of mollies and topminnows (*Poecilia* spp.) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*, Linn). A preliminary study by Sotolu and Faturoti (13) revealed that catfish was able to digest leucaena seed meal (LSM) processed by soaking in water than those LSMs processed by other methods. Leucaena seed meal was therefore used to replace the much expensive and scarce soybean meal (SBM) in catfish diets in this study. It involved the evaluation of the effects of leucaena seed meal on growth performance of *Clarias gariepinus*, protein utilization and carcass composition.

Material and methods

Preparation of leucaena seed meal and experimental set-up

Whole pure leucaena seeds were soaked in cold water at 1 kg/5 litres of water for 72 hours as described by Padmavathy and Shobha (16). Seeds were later thoroughly washed in fresh cold water after removal thorough sieve. Seeds were spread in thin layer on a slab for quick and homogenous solar drying for two days. Samples of soaked in cold water leucaena seeds (Processed leucaena Seed Meal, processed LSM) were chemically analyzed according to A.O.A.C. (3). Parameters of importance include crude protein, crude fibre, fat, ash, moisture and calorific value. Six isonitrogenous diets were prepared (40% CP) where the processed leucaena seed meal (LSM) replaced soyabean meal (SBM) at 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. All ingredients used in the formulation were ensured constant except SBM and P-LSM that were made to substitute for one another on percentage basis shown. Slight variations however occurred in the crude protein content of the formulated diets on chemically analysis and this may be due to differences in their compositions. Values of their crude protein ranged between 39.86% and 40.29%. Chemical analysis of experimental feeds and fish were done before feeding trials using the method of A.O.A.C. (3) while that of the experimental fish alone was repeated at the end of the experiment. Water quality parameters (pH, dissolved oxygen, ammonia) were kept favourable for fish by constant renewal of water in fish tanks at a flow rate of 2.5 l/min till the end of the experiment. Catfish fingerlings (5.21 ± 0.14 g) were stocked in a circular tank of 70 l at 25 fish/tank in triplicates. Feeding commenced three days after acclimation of fish sourced from the University

of Ibadan fish hatchery. Fish were fed to satiation between the hours of 09:00 h-09:30 h, 14:00 h-14:30 h and 19:00 h-19:30 h daily for 112 days. Solid wastes were siphoned out of tanks everyday before feeding and total cleaning of fish tanks and replacement with clean fresh water was done every fortnight.

Determination of feed utilization and data analysis

Data were collected fortnightly on fish growth performance and nutrient utilization by determining mean weight gain [(MWG) g], Gross energy was calculated according to Jobling (11) with multiplier factors of carbohydrate, 4.1 kcal/g, protein, 5.4 kcal/g and lipids, 9.5 kcal/g. $SGR = 100 \times (\text{Loge final weight(g)} - \text{Loge initial weight(g)}) / \text{culture period (days)}$, Feed Conversion ratio-FCR = Total feed fed(g)/total wet weight gain(g), Protein Efficiency ratio-PER = wet weight gain (g)/amount of protein fed, $N_m = (0.549) (a+b) h/2$; where a = initial mean weight (g) of fish, b = final mean weight (g) of fish and h = experimental period in days, NPU = Nitrogen content of fish after experiment - Nitrogen content of fish before experiment + Nitrogen metabolism/Nitrogen of experimental diet and, Survival rate (SR) = $100 (\text{Number of fish stocked} - \text{Mortality}) / \text{Number of fish stocked}$. Data collected were subjected to ANOVA and correlation analysis using the SPSS package version 10 and significant mean differences were separated at 0.05 probability levels according to Steel *et al.* (20).

Results

Proximate composition of processed and unprocessed leucaena seeds were 36.01% and 22.75% crude proteins respectively while the lipid contents are 5.18% and 6.12% respectively. Ash and crude fiber contents for processed LSM were 3.74% and 7.11% respectively while they were 5.98% and 11.38% for unprocessed LSM respectively. Gross energy for processed LSM (2899.76 kcal/kg) was higher than that of unprocessed LSM (2833.50 kcal/kg). Gross and proximate compositions of the six diets formulated for the feeding trial are presented in table 1. Similar observations were made for lipids and other nutrient parameters considered. Slight variations however occurred in the crude protein content of the formulated diets on chemically analysis and this may be due to differences in the by-products compositions. Values of their crude protein ranged between 39.86% and 40.20%. Similar observations were made for lipids and other nutrient parameters considered. Table 2 revealed the extent of utilization of the six diets by fish as well as their growth performance.

Highest mean weight gain (MWG) was recorded for fish fed 0% and 20% LSM based-diets which were significantly ($p < 0.05$) higher than values of other LSM inclusions while 40% and 60% LSM based diet were only marginally different ($P > 0.05$). MWG of fish

Table 1
Diet formulation and proximate composition of LSM based-diets in replacement of SBM at 0% - 100%

Gross composition ingredients (g/100 g/DM)	diet 1	diet 2	diet 3	diet 4	diet 5	diet 6
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
SBM	23.39	19.51	14.64	9.75	4.88	-
LSM	-	4.88	9.75	14.64	19.51	24.39
Fishmeal	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29	18.29
Groundnut cake	26.59	26.59	26.59	26.59	26.59	26.59
Yellow maize	27.38	27.38	27.38	27.38	27.38	27.38
Bone meal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Oyster shell	1.35	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Palm oil	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Mineral /vit. supplements*	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Chemical composition (%)						
Crude protein	40.14	40.02	39.97	39.86	40.18	40.20
Lipid	9.93	10.27	9.98	10.01	9.87	10.36
Crude fiber	2.41	2.39	2.56	2.58	2.57	2.81
Ash	7.03	8.21	8.33	9.62	9.19	8.85
Nitrogen free extract	36.32	35.74	35.58	38.01	36.33	38.25
Moisture	4.92	5.66	5.62	5.17	4.84	5.03
Gross energy (kcal/kg)	2890.41	2954.66	3000.42	2889.85	3086.00	3031.29

Biomix fish vitamin/mineral providing per kg of diet at 5 kg per tonne inclusion: 20,000 iu, vitamin A, 200 iu, α -tocopherol acetate 400 mg, Ascorbic acid 100 mg, Vit. D3, 200 mg Vit E, 8 mg Vit k3, 20 mg Vit B1, 30 mg Vit B2, 12 mg Vit B6, 50 mg Pantothenic acid, 0.8 mg Biotin, 150 mg Niacin, 0.05 mg Vit B12, 4.0 mg Cobalt, 40 mg Iron, 5.0 mg Iodine, 30 mg Manganese, 4 mg Copper, 40 mg Zinc, 0.2 mg Selenium, 100 mg Lysine, 100 mg Methionine, 100 mg Anti-oxidant.

Legends:

SBM: Soya Bean Meal

LSM: Leucaena Seed Meal

Table 2
Growth and nutrient utilization of *C. gariepinus* fed different inclusions of LSM based-diets

Parameters	Treatments-LSM inclusion rates (%)						SEM
	0	20	40	60	80	100	
Initial mean weight (g)	5.21 \pm 0.14	5.29 \pm 0.14	5.09 \pm 0.14	5.22 \pm 0.14	5.20 \pm 0.14	5.23 \pm 0.14	-
Final mean weight (g)	13.16 \pm 0.02	12.98 \pm 0.17	11.94 \pm 0.11	10.97 \pm 0.08	9.87 \pm 0.11	9.30 \pm 0.10	-
MWG (g)	7.95 ^a	7.69 ^a	6.85 ^b	5.75 ^b	4.67 ^c	4.07 ^c	0.65
Feed intake (g)/fish	56.78 ^a	57.51 ^a	54.40 ^c	49.98 ^d	54.54 ^{bc}	55.18 ^b	1.08
PWG (%)	60.41 ^a	59.24 ^a	57.37 ^a	52.42 ^b	47.32 ^c	43.76 ^c	2.77
SGR (%/day)	0.36 ^b	0.46 ^a	0.33 ^b	0.39 ^b	0.25 ^c	0.23 ^c	0.04
PER	0.35 ^a	0.33 ^a	0.32 ^a	0.29 ^a	0.21 ^b	0.18 ^b	0.03
FCR	0.71 ^c	0.75 ^c	0.79 ^{bc}	0.90 ^b	1.17 ^a	1.36 ^a	0.11
Nm (x10)	56.48 ^a	56.17 ^a	52.66 ^b	49.77 ^b	46.33 ^c	44.67 ^c	2.02
NPU	88.10 ^a	87.87 ^a	82.46 ^b	79.19 ^b	72.18 ^c	69.56 ^c	3.20
Survival rate (%)	92	92	88	92	76	80	-

Means with the same superscript in the same row are not significantly different ($p > 0.05$).

continue to decrease with increase in the LSM inclusion rate as 80% LSM and 100% produce the least set of values (4.67 g and 4.07 g) respectively, which were also not significantly different. Specific growth rate (SGR) was significantly higher ($P < 0.05$) in fish fed (20% processed LSM) than all other treatment including control (0% processed LSM) which was almost the same with values of 40% and 60% processed LSM. Fish fed 80% and 100% LSM were only marginally different in values of specific growth rates (0.25%/day and 0.23%/day) respectively. Fish growth exhibited significant inverse correlation with inclusion rate of LSM in the diet formulated. MWG and SGR had -0.62 and -0.57 correlation coefficient (r) respectively while PER had -0.78 and FCR had -0.64 correlation. Results also showed that values of PER were only marginally different in fish fed 0% to 60% LSM while values of FCR were only marginally different in fish fed 0% to 40% processed LSM. Nm and NPU produced results with similar trend. Diets with 0% and 20% LSM were statistically the same for both Nm and NPU and similarly for values of 40% and 60% LSM while values of 80% and 100% LSM had the least set of values. Survival rate was jointly highest in 0%, 20% and 60% LSM (92%) while 80% LSM had the least survival rate (76%).

Effects of the physiological changes in fish fed graded levels of LSM based diets for 112 day was presented in table 3. Fish carcass protein increased in all diets. Initial carcass protein value was 62.08% and this increased throughout in all the test diets. Fish carcass lipid seems to increase in all LSM with exception in 20% LSM where initial value was reduced from 4.27% to 4.12%.

Discussion

The growth and nutrient utilization by fish decreased as level of LSM inclusion increases in the diets. This observed pattern could probably be as a result of persistent consumption of leucaena meals which could retard animal growth rate as reported by Jones (12) and further buttressed by Tangendijaja (23) who recorded progressive depressed growth rate in rabbit fed increasing graded levels of leucaena leaf meal based-

diet. Similar result on PWG and SGR could also be due to differences in the LSM inclusion which decreased at increasing level of LSM in the diets. Protein efficiency ratio (PER) was highest in fish fed 0% LSM but did not differ statistically ($p > 0.05$) from values of 20%, 40% and 60% LSM inclusions. These results seem to have direct link with feed intake. The importance of feed intake by fish as a determinant of fish performance has been strongly emphasized (7, 17, 18) while other studies (2, 13) pointed out the possibility of protein sparing effects by other nutrients in a feed, that is as more energy was supplied for metabolism through other nutrients, more protein intake is available for fish growth and tissue development. All diets produced higher values of fish carcass protein and lipid than initial values, yet there existed marginal difference among them indicating different utilization levels of the diets. These relatively high values of crude protein could be viewed alongside the work of Alegbeleye *et al.* (1) who reported that effective utilization of bambara groundnut at varying rates was responsible for variations in *Heteroclaris* carcass protein and lipid. This characteristic feed utilization efficiencies and consequents growth rates has been attribute to dietary protein quality (4, 21). The non-detection of crude fiber in the fish carcass composition was the same in all treatments and this had been said to be associated with effective utilization of diets according to Sotolu (22). Observed differences in the hematology of fish especially at significant level ($P < 0.05$) between 20% LSM fed fish and those of higher LSM inclusions could be as a result of the residual effect of mimosine present in the seeds after processing.

Conclusion

Improvement in the nutritional quality of *Leucaena leucocephala* seed meal was achieved by soaking in water. The crude protein content was enhanced and became readily acceptable by fish. Utilization of LSM by fish when processed by soaking in water was better at 20% inclusion level than at higher inclusion rates. However, there is still need for further studies towards increasing the utilization of LSM to 40% inclusion as

Table 3
Carcass Composition of *C. gariepinus* Fed LSM Based-Diets for 112 days

Parameters (%)	Initial Value	Final values at Different LSM inclusion rates (%)						SE Mean
		0	20	40	60	80	100	
Crude protein	62.08	68.47	68.13	66.81	67.91	66.74	66.48	1.74
Lipid	4.27	5.93	4.12	5.98	4.53	4.96	5.58	0.19
Ash	11.60	11.14	10.83	10.94	11.02	10.86	10.80	0.50
Crude fiber	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
NFE	5.23	2.47	3.02	3.01	2.78	2.82	3.94	0.29

ND – Not Detected

NFE: Nitrogen Free Extract

Means with the same superscript in the same row are not significantly different ($p > 0.05$).

most utilization assessed in this study were worst than those of 20% inclusion. Since weight gain of fish is what would translate into income for the fish farmer at the end of the production cycle, 20% inclusion

rate of LSM in catfish diet would produce better and profitable result at present. Cost of fish production is expected to further reduce if more soya bean meal could be replaced by leucaena seed meal.

Literature

1. Alegbeleye W.O., Oresegun A.O. & Omitoyin O., 2001, Use of Bambara groundnut (*Vigna subterranean*) meal in the diets of *Heteroclaris* fingerlings. Moor J. Agric. Res. 2, 54-59.
2. Anderson J.A.J., Jackson M., Matty A.J. & Carper B.S., 1984, Effects of dietary carbohydrates and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.) Aqua. 37, 303-314.
3. A.O.A.C., 2000, Association of Official Analytical Chemists International (AOAC). Official methods of analysis, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
4. Cho C.I., Slinger S.J. & Bayley H.S., 1974, Influence of level and type of dietary protein and of level of feeding and feed utilization of rainbow trout. J. Nutr. 106, 11, 1547-1556.
5. Cruz E.M. & Laudencia L.L., 1977, Protein requirement of *Tilapia mossambica* fingerlings. Kalikasan, Phill J. of Biol. 6, 177-182.
6. D'Mello J.P.F. & Acamovic T., 1989, *Leucaena leucocephala* in poultry nutrition. A review. Animal Feed Science and Technology, 26, 1-28.
7. Faturoti E.O., 1989, Effects of supplementary feeding and organic manuring on the production of African Catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). J. of West Afr. Fish pp. 187-195.
8. F.A.O., 2006, Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. Rome; FAO fisheries technical paper 500; 145 pp.
9. Francis G., Makkar H.P.S. & Becker K., 2001, Antinutritional factors present in plant-derived alternative fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199, 3-4, 197-228.
10. Hasting W.H., 1976, Nutritional requirements and field technology in advances in aquaculture paper presented at the F.A.O. Technical Conference on Aquaculture, Kyoto Japan; 75 pp.
11. Jobling M., 1983, A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. Journal of Fish Biology, 23, 686-703.
12. Jones R.J., 1979, The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics, World Anim. Rev. 31, 13-23.
13. Keembiyehetty C.N. & De-Silva S.S., 1993, Performance of juvenile *Oreochromis niloticus* (Lin.) reared on diets containing cowpea, *Vigna unguiculata* and Blackgrain, *Phaseolus mungo* seeds. Aqua. 112, 207-215.
14. Nwanna L.C., Falaye A.E. & Sotolu A.O., 2008, Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart Solms): a sustainable protein source for fish feed in Nigeria. Food health and environmental issues in developing countries: the Nigeria situation. Adeboye O.C. Taiwo K.A. and Fatufe A.A. (Eds.) Alexander Von Humboldt Foundation, Bonn-Germany. Pp. 187-194.
15. Ogunji J.O., Uwadiogwu N., Osuigwe D. & Wirth M., 2005, Effects of different processing methods of Pigeon pea (*Cajanus cajan*) on the haematology of African Catfish (*Clarias gariepinus*) larvae. Conference on International Agricultural Research for Development. Deutscher Tropentage, 2005 Stuttgart-Hohenheim, October 11-13, 2005.
16. Padmavathy P. & Shobha S., 1987, Effect of processing on protein quality and minimosine content of subabul (*Leucaena leucocephala*). J. Food Sci. Technol. 24, 180-2.
17. Pillay T.V.R., 1990, Aquaculture principles and practices. Fishing News Books. A division of Blackwell Scientific publications Ltd. 575 pp.
18. Preston T.R. & Leng R.A., 1987, Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Penambul Books. Armidale, New South Wales, Australia; 127 pp.
19. Schalm O.W., Jain N.C. & Carrol E.J., 1975, Veterinary haematology, 3rd ed. Lean and Febiger Philadelphia, 340; 360-470.
20. Steel R.G., Torrie J.H. & Dickey D.A., 1997, Principles and procedures of statistics, a biometric approach, 3rd edition. McGraw-Hill Companies Inc., New York.
21. Sotolu A.O. & Faturoti E.O., 2008, Digestibility and nutritional values of differently processed *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit) seed meals in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). Middle-East J. Sci. Res. 3, 190-199.
22. Sotolu A.O., 2008, Nutrient potential of water hyacinth as a feed supplement in sustainable aquaculture. Obeche, 26, 1, 45-51.
23. Tangendijaja B., Raharjo Y.C. & Lowry J.B., 1990, *Leucaena* leaf meal in the diet of growing rabbits: evaluation and effect of a low mimosine treatment. Animal Feed Science and Technology, 29, 63-72.
24. Ter Muelen U., Glinther K.D. & El-Harith E.A., 1981, Metabolic effects of mimosine on tyrosine in rat. Z. Tierphysiol Tierernahrg Futtermittelkde. 46, 264-9.

A.O. Sotolu, Nigerian, PhD, Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, Lafia, P.M.B. 135, Lafia, Nigeria. sotoluola@yahoo.com, +234 809 109 2073

Ingestion et digestibilité *in vivo* du *Panicum maximum* associé à trois compléments: tourteau de *Jatropha curcas*, tourteau de coton (*Gossypium hirsutum*) et *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye (*Cavia porcellus* L.)

N^oG.DV. Kouakou^{1*}, E. Thys², E.N. Assidjo³ & J.-F. Grongnet⁴

Keywords: Digestibility- *Cavia porcellus*- *Panicum maximum*- *Euphorbia heterophylla*- cottonseed meal- *Jatropha curcas* cake- Ivory Coast

Résumé

Dans le but de valoriser une plante adventice *Euphorbia heterophylla* dans l'alimentation du cobaye, l'étude comparative de l'ingestion et de la digestibilité *in vivo* de quatre traitements, *Panicum maximum* (Pan), *Panicum maximum* et tourteau de *Gossypium hirsutum* (Pancoton), *Panicum maximum* et *Euphorbia heterophylla* (Paneuph) et *Panicum maximum* et tourteau de *Jatropha curcas* (Panjatro) chez ces animaux, a été menée à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). Les valeurs moyennes de l'ingestion (g MS/j) ont été $64,8 \pm 12,5$; $74,3 \pm 12,9$; $73,7 \pm 17,8$ et $69,1 \pm 12,3$ respectivement pour Pan, Pancoton, Paneuph et Panjatro. Pancoton et Paneuph ont été significativement mieux ingérés que Pan et Panjatro. *Euphorbia heterophylla* a été significativement mieux ingérée que les deux autres compléments ($P < 0,05$) induisant avec *Panicum maximum* une croissance journalière de $3,1 \pm 0,6$ g/j. Le taux de substitution de *Panicum maximum* par *Euphorbia heterophylla* était proche de un (1). Les coefficients d'utilisation digestive apparente de la matière sèche ($68,0 \pm 10,5\%$) et de la matière organique ($84,1 \pm 5,2\%$) de Paneuph ont été significativement plus élevés que ceux des trois autres traitements ($P < 0,05$). Compte tenu de la qualité nutritionnelle de *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye, son association avec *Panicum maximum* pourrait être vulgarisée partout où elle est abondante.

Summary

The Intake and the *in vivo* Digestibility of *Panicum maximum* Associated with Three Supplements: *Jatropha curcas* Cake, *Gossypium hirsutum* Cake and *Euphorbia heterophylla* (*Euph*) in Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.)

The intake and the *in vivo* digestibility of *Panicum maximum* associated with three supplements: *Jatropha curcas* cake, *Gossypium hirsutum* cake and *Euphorbia heterophylla* (*Euph*) in guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) pigs, its association with *Panicum maximum* could be popularized wherever its abundance has been reported. In order used weed *Euphorbia heterophylla* in guinea pigs diet, comparative study of the intake and the *in vivo* digestibility of four treatments, *Panicum maximum* (Pan), *Panicum maximum* and *Gossypium hirsutum* cake (Pancoton), *Panicum maximum* and *Euphorbia heterophylla* (Paneuph) and *Panicum maximum* and *Jatropha curcas* cake (Panjatro), in male guinea pigs were conducted in Yamoussoukro (Ivory Coast). The means of the intake (g DM/d) were 64.8 ± 12.5 ; 74.3 ± 12.9 ; 73.7 ± 17.8 and 69.1 ± 12.3 respectively for Pan, Pancoton, Paneuph and Panjatro. Pancoton and Paneuph were significantly better ingested than Pan and Panjatro. *Euphorbia heterophylla* was significantly better ingested than the other two supplements ($P < 0.05$) and the mean daily weight gain with its association with *Panicum maximum* of 3.1 ± 0.6 g/d. The rate of substitution of *Panicum maximum* by *Euphorbia heterophylla* was nearly to one (1). The apparent digestibility coefficients (ADC) for dry ($68.0 \pm 10.5\%$) and organic matter ($84.1 \pm 5.2\%$) of Paneuph were significantly higher ($P < 0.05$) than the ADC's for the other three treatments. Given the nutritional value of *Euphorbia heterophylla* in guinea pigs, its association with *Panicum maximum* could be popularized wherever its abundance has been reported.

¹Département de Formation et de Recherche Agriculture et Ressources animales, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, B.P. 1313, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. Tél: +225 08 39 33 63; Fax: +225 30 64 04 06 Cel: +225 02 03 35 81; Dom: +225 30 64 51 20 Kwayki@yahoo.fr

²Département de Santé Animale, Institut de Médecine Tropicale, 155, Nationalestraat, B-2000 Antwerpen, Belgium.

³Département de Formation et de Recherche Génie chimique Agro-alimentaire, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, B.P. 1313, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

⁴UMR SENAH, INRA-Agrocampus-ouest, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes cedex, France.

Reçu le 08.03.10 et accepté pour publication le 03.08.10.

1. Introduction

Depuis l'avènement en 1999 de la crise socio politique en Côte d'Ivoire, l'indice de pauvreté de la population n'a cessé de croître (12). Il est passé de 36,6% en 1995 à 49% en 2009. Afin d'apporter une solution aux populations de zones de post-conflits, l'Organisation des Nations Unies recommande fortement les élevages à cycle court, dont la caviaculture (10). Au Cameroun et en République Démocratique du Congo (RDC), l'élevage de cobaye est intégré dans les systèmes d'exploitation agricole et fait partie des habitudes alimentaires. En revanche bien que présent en Côte d'Ivoire (1), cet élevage est informel, marginalisé et laissé aux mains des enfants principalement (8).

Pour mieux caractériser cet élevage dans son contexte local, une étude a été entreprise par le Laboratoire de Zootechnie du Département Agriculture et Ressources Animales de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny (INP-HB) à Yamoussoukro. Au niveau de l'alimentation de ces animaux, il ressort qu'*Euphorbia heterophylla*, une mauvaise herbe envahissante des plantations vivrières et cotonnières, est une plante largement distribuées à l'état frais aux cobayes par les éleveurs en complément du fourrage. Cette espèce adventice originaire d'Amérique tropicale et subtropicale, a été introduite en Afrique comme plante ornementale. En Côte d'Ivoire, elle est considérée comme mauvaise herbe majeure car infestant plus de 70% des parcelles culturales de la région cotonnière (7). L'étude de la digestibilité *in vitro* menée par Bindelle *et al.* (2) indique que cette plante pourrait être suggérée en complément au *Panicum maximum* dans l'alimentation des cobayes. Cependant, cette étude ne nous renseigne pas sur la digestibilité de ce régime mixte. Par ailleurs, compte tenu du coût élevé des tourteaux, compléments protéiques couramment utilisés en alimentation animale en Côte d'Ivoire, il apparaît que l'utilisation de cette plante pourrait réduire le coût de production des cobayes sans nuire à leur croissance. L'objectif de cet essai est donc de comparer l'ingestion et la digestibilité *in vivo* de régimes à base de *Panicum maximum* associé ou non à un des trois compléments, *Euphorbia heterophylla*, tourteau de *Gossypium hirsutum* et tourteau de *Jatropha curcas*. Ceci permettrait aussi de

préciser l'apport nutritionnel de cette plante adventice chez les cobayes en croissance.

2. Matériel et méthodes

1.1. Situation du site expérimental

L'étude a été conduite à la ferme expérimentale du Département Agriculture et Ressources Animales de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny (INP-HB) (6,5°N; 5,2°O). La température et l'humidité relative durant l'essai ont varié respectivement de 20 à 30 °C et de 80 et 85%. La pluviométrie moyenne mensuelle est de 1100 mm.

1.2. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Vingt-quatre cobayes mâles de l'espèce *Cavia porcellus*, nés à la ferme expérimentale ont été répartis de façon aléatoire dans des loges individuelles grillagées de 10,6 dm³ (76 cm x 46,5 cm x 30 cm). D'un poids moyen de 474,1 ± 61,6 g; ils étaient âgés de trois mois. Les aliments expérimentaux étaient: *Panicum maximum* (Pan), *Euphorbia heterophylla* (Euph), le tourteau de *Gossypium hirsutum* (Coton) et le tourteau de *Jatropha curcas* (Jatro) détoxifié après fermentation avec la papaine des papayes vertes. Les aliments *Panicum maximum* et *Euphorbia heterophylla* ont été récoltés dans le périmètre de l'INP-HB et distribués aux cobayes à l'état frais. Le tourteau de coton a été acheté chez un revendeur de sous-produits agricoles de la ville de Yamoussoukro alors que le tourteau de *Jatropha* a été élaboré à l'INP-HB. Ces aliments ont permis de constituer quatre traitements expérimentaux: *Panicum maximum* (Pan), *Panicum maximum* et tourteau de *Gossypium hirsutum* (Pancoton), *Panicum maximum* et *Euphorbia heterophylla* (Paneuph) et *Panicum maximum* et tourteau de *Jatropha curcas* (Panjatro). Ces traitements ont été répétés sur six cobayes. Leur distribution a duré dix-sept jours scindés en deux périodes. Une période d'adaptation à la cage de digestibilité et à l'alimentation de dix jours durant laquelle les aliments distribués et les refus d'aliments ont été collectés et pesés régulièrement avant chaque

Tableau 1
Composition chimique (% MS) des aliments expérimentaux utilisés dans l'expérience

Composition chimique (% MS)	Aliments expérimentaux			
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Tourteau de coton	Tourteau de <i>Jatropha curcas</i>
MS*	34,6 ± 5,7	20,1 ± 0,2	85,7 ± 0,1	87,7 ± 0,2
MM	9,3 ± 2,1	9,5 ± 0,1	6,1 ± 0,2	9,1 ± 0,3
Fibres	32,1 ± 1,5	22,4 ± 0,3	15,9 ± 0,5	35,2 ± 0,8
MAT	10,2 ± 1,0	16,5 ± 1,2	19,6 ± 0,0	12,8 ± 1,6
MO	90,7 ± 2,0	91,5 ± 0,1	94,0 ± 0,2	90,9 ± 0,3

MS= matière sèche, MS*= matière sèche en % de la matière fraîche, MM= matière minérale, MAT= matières azotées totales, MO= matière organique.

nouvelle distribution. Cette période a été suivie par une seconde période dite « de digestibilité » de sept jours au cours de laquelle s'est ajoutée la pesée des fèces tombées sur les toiles moustiquaires des cages. L'eau a été renouvelée tous les jours. Par ailleurs, le nettoyage des cages et du bâtiment d'élevage a été quotidien. Les animaux ont régulièrement reçu de la vitamine C à partir de morceaux d'oranges introduits dans leurs cages. En début d'essai et à la fin de chaque période, les cobayes ont été pesés à jeun. Au cours de l'essai, des échantillons des aliments expérimentaux et des fèces ont été prélevés pour détermination de leur composition chimique (matières sèches, protéines brutes, fibres brutes et cendres brutes) telle que recommandé par l'A.O.A.C. (Tableau 1). A la fin de l'étude, les valeurs moyennes par traitement du gain moyen quotidien, de l'ingestion alimentaire et des coefficients d'utilisation digestif apparents des nutriments ont été déterminées.

Le coefficient d'utilisation digestif apparent de la matière sèche a été déterminé à partir de la formule:

$$\text{CUDa (MS)} = \left[\frac{\text{Ing(MS)} - \text{MSF}}{\text{Ing(MS)}} \right] \times 100$$

Avec:

Ing (ingéré alimentaire), MSF (matière sèche fécale)

Les valeurs moyennes par traitement de ces paramètres ont été soumises à l'analyse de variance à un facteur. La comparaison multiple des moyennes a été effectuée grâce au test de Student-Neumann-Keuls au seuil de signification de 5% à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

3. Résultats

La composition chimique des aliments expérimentaux est présentée dans le tableau 1. Les valeurs moyennes de l'ingestion journalière de la matière sèche en g MS/j durant la période dite «de digestibilité» ont été $64,8 \pm 12,5$, $74,3 \pm 12,9$, $73,7 \pm 17,8$ et $69,1 \pm 12,3$ respectivement pour Pan, Pancoton, Paneuph et Panjatro (Tableau 2). Aucune différence significative entre les quatre traitements expérimentaux n'a été observée.

Toutefois, le niveau d'ingestion du *Panicum maximum* différait significativement selon le type de complément. En effet, les animaux soumis au Paneuph ont ingéré significativement moins de *Panicum maximum* ($45,7 \pm 16,3$ g MS/j) que les deux autres traitements ($P < 0,05$). Cette différence semblait être compensée par *Euphorbia heterophylla* dont la consommation ($28,0 \pm 5,4$ g MS/j) a été significativement supérieure à celles des autres compléments.

Aussi, le rapport de l'ingestion journalière de la matière sèche des aliments expérimentaux (g MS/j) *Panicum maximum*/complément était environ 2/1, 11/1 et 62/1 pour *Panicum maximum*/tourteau de coton et *Panicum maximum*/tourteau de *Jatropha* respectivement.

Tableau 2
Paramètre zooteknique d'ingestion journalière de la matière sèche et de la croissance journalière

Ingestion	Traitements expérimentaux			
	Pan	Pancoton	Paneuph	Panjatro
g MS/j	$64,8 \pm 12,5a$	$74,3 \pm 12,9b$	$73,7 \pm 17,8b$	$69,1 \pm 12,3ab$
g MS/j/kg PV ^{0,75}	$128,9 \pm 31,2a$	$145,3 \pm 34,3a$	$129,9 \pm 32,8a$	$130,7 \pm 29,3a$
g MS/j	Aliments expérimentaux			
	Pan	Pan	Euph	Jatro
g MS/j	$64,8 \pm 12,5a$	$67,7 \pm 12,3a$	$28,0 \pm 5,4d$	$1,1 \pm 1,8e$
g MS/j/kg PV ^{0,75}	$128,9 \pm 31,2a$	$133,9 \pm 31,2a$	$46,3 \pm 9,7d$	$2,0 \pm 3,2e$
Croissance journalière	Traitements expérimentaux			
	Pan	Pancoton	Paneuph	Panjatro
g/j	$0,9 \pm 1,1a$	$2,6 \pm 0,5b$	$3,1 \pm 0,6b$	$1,2 \pm 1,2a$

Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Les moyennes de la même ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. MS= matière sèche, Pan= *Panicum maximum*; Euph= *Euphorbia heterophylla*; Coton= tourteau de *Jatropha curcas*; Paneuph= *Panicum maximum* + *Euphorbia heterophylla*; Pancoton= *Panicum maximum* + tourteau de coton; Panjatro= *Panicum maximum* + tourteau de *Jatropha curcas*. PV= poids vif

Tableau 3
Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) des traitements expérimentaux étudiés

CUDA (%)	Traitements			
	<i>Pan</i>	<i>Pancoton</i>	<i>Paneuph</i>	<i>Panjatro</i>
MS	54,2 ± 14,9a	62,6 ± 9,5b	68,0 ± 10,5c	56,8 ± 10,8a
MAT	90,7 ± 3,2a	93,4 ± 2,0b	91,2 ± 2,6a	83,5 ± 4,4c
MM	71,0 ± 11,7a	76,6 ± 6,4b	79,2 ± 6,9b	72,3 ± 6,5a
Fibre	69,1 ± 10,1a	77,3 ± 6,1b	77,0 ± 9,6b	72,0 ± 7,2a
MO	73,6 ± 8,4a	78,6 ± 5,8b	84,1 ± 5,2c	75,2 ± 6,3a

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

MS= matière sèche, MM= matière minérale, MO= matière organique, MAT= matières azotées totales, CUDA= Coefficient d'utilisation digestif apparent. Signification des traitements: voir texte ou légende du tableau 1.

Les croissances journalières des animaux ont été $0,9 \pm 1,1$; $2,6 \pm 0,5$; $3,1 \pm 0,6$ et $1,2 \pm 1,2$ g/j pour les traitements Pan, Pancoton, Paneuph et Panjatro respectivement. Les traitements Pancoton et Paneuph ont induit une croissance significativement ($P > 0,05$) supérieure à celles des deux autres traitements qui ne différaient pas significativement entre eux. Quant au traitement Panjatro, ce complément ne semblait pas avoir été apprécié par les cobayes, voire à peine ingéré au regard du rapport d'ingestion des aliments expérimentaux. Dans ces conditions, des quatre traitements, Pan et Panjatro ont été les moins bien digérés car les CUDA de tous les nutriments excepté les protéines brutes étaient significativement inférieurs à ceux des deux autres traitements ($P < 0,05$). De même, leur CUDA ne différait pas significativement ($P > 0,05$) confirmant ainsi la très faible ingestion du tourteau de *Jatropha* dans l'alimentation des cobayes. Les CUDA de la matière sèche ($68,0 \pm 10,5\%$) et de la matière organique ($84,1 \pm 5,2\%$) du régime Paneuph différaient significativement de celles du régime Pancoton, pour lequel un CUDA de la matière azotée totale ($93,4 \pm 2,0\%$) significativement supérieure à celle du régime Paneuph ($91,2 \pm 2,6\%$) a été obtenu ($P < 0,05$). Par contre, le CUDA des fibres brutes et des minéraux de ces deux régimes ne présente aucune différence significative ($P > 0,05$). Le CUDA moyen le plus élevé a été obtenu pour les protéines brutes de *Panicum maximum* associé au tourteau de coton et de *Panicum maximum* associé à *Euphorbia heterophylla* (Tableau 3).

4. Discussion

Le niveau d'ingestion journalière (en g MS) de *Panicum maximum* ($64,8 \pm 12,5$) était comparable à ceux obtenus par Chauca *et al.* (3) soit 59,4 g et 65,0 g avec des quantités respectives de luzerne de 120 g et de 160 g. Ce résultat montre la bonne palatabilité du *Panicum maximum* chez le cobaye malgré sa faible digestibilité de la MS due à son taux élevé en fibres (11). Des observations faites par Bindelle *et al.* (2)

suggèrent que l'absence de facteur antinutritionnel dans ce fourrage et la bonne digestibilité de ses protéines par le cobaye, pourrait en être la cause. La différence significative d'ingestion journalière (en g MS/j) entre les traitements expérimentaux confirme qu'une bonne complémentation des fourrages pauvres apportant les éléments nutritifs manquants (matières azotées, énergies, minéraux et vitamines) permet aux microorganismes du caecum de mieux digérer ces fourrages (4). La fermentation plus rapide des fourrages favoriserait leur réduction en fines particules, un transit accru et un encombrement du caecum moins important (14, 4).

Les résultats de notre étude semblent indiquer que la complémentation avec le fourrage vert *Euphorbia heterophylla* entraîne une réduction de l'ingestion volontaire du *Panicum maximum* par l'animal. Le taux de substitution ou le rapport de la quantité de *Panicum maximum* (kg) ingérée en moins et de la quantité de *Euphorbia heterophylla* offert en plus, est proche de un. Il serait dû au complément riche en énergie rapidement fermentescible favorisant la production rapide d'acides gras volatils (AGV), la baisse du pH et l'augmentation de la microflore du caecum telle que les Bifidobactéries (15). En effet, la très bonne palatabilité, la valeur protéique (16,48%), la faible valeur en fibre (22%) et la très bonne digestibilité de la matière organique de *Euphorbia heterophylla* (2), font de cette plante une des plus appréciées chez le cobaye. Sa propriété fermentescible et le dégagement de gaz qui s'en suit pourrait contribuer significativement à la production d'énergie supplémentaire via la production d'AVG (13). Par ailleurs, l'efficacité du développement des bactéries intestinales augmenterait l'utilisation des protéines à travers la caecotrophie (2). Les CUDA et les croissances pondérales obtenues par le traitement Paneuph montrent l'intérêt de distribuer *Panicum maximum* en association avec *Euphorbia heterophylla* chez le cobaye.

Contrairement à *Euphorbia heterophylla*, le tourteau de coton a provoqué une augmentation de la quantité

de fourrage ingérée, induisant un taux de substitution négatif, dite complémentation vraie. Cette source de protéine semble avoir apportée aux microorganismes du caecum, les éléments nutritifs dont ils ont besoin pour se multiplier et pour dégrader les polyosides des parois de *Panicum maximum* et, ensuite, assurer toutes les conditions nécessaires au maintien d'une bonne cellulolyse (4). Cette assertion pourrait justifier la faible ingestion du tourteau de coton malgré son taux élevé de protéines brutes.

Différentes hypothèses pourraient justifier le faible niveau d'ingestion du tourteau de *Jatropha*. La première serait la présence de facteur antinutritionnel en abondance dans un tourteau de *Jatropha* mal détoxifié notamment la curcine et la saponine. Des observations similaires ont été déjà faites par Niba *et al.* (9) chez le cobaye au Cameroun. La seconde hypothèse pourrait être la forte odeur de ce tourteau, due à une durée insuffisante de la période de fermentation, et qui est facilement détectable par l'odorat des cobayes,

100 fois plus développé que celui de l'homme. Ainsi, l'absence d'organe de Jacobson chez les oiseaux, justifierait son incorporation à hauteur de 6% dans l'alimentation des poulets (6).

5. Conclusions

Cet essai montre que l'association *Panicum maximum-Euphorbia heterophylla* dans l'alimentation du cobaye en croissance permet une meilleure digestibilité de la matière organique, grâce à la substitution du fourrage de base. En Côte d'Ivoire, pays agricole, *Euphorbia heterophylla* fait partie des plantes adventices les plus abondantes du nord et du centre du pays, son utilisation dans l'alimentation des cobayes est à vulgariser là où elle n'est pas encore utilisée couramment. Ceci pourrait s'avérer utile dans d'autres pays également comme la République Démocratique du Congo où la plante est présente et la caviaculture assez développée.

Références bibliographiques

1. Avit J-BLF, Pedia PL. & Sankaré Y., 1999, Diversité biologique de la Côte d'Ivoire rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt, Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire: Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
2. Bindelle J., Ilunga Y., Delacollette M., Muland Kayij M., Umba di M'Balu J., Kindele E. & Buldgen A., 2007, Voluntary intake, chemical composition and *in vitro* digestibility of fresh forages fed to Guinea pigs in periurban rearing systems of Kinshasa (Democratic Republic of Congo). Trop. Anim. Health Prod. 39, 419-426.
3. Chauca F.L., Levano S.M., Higaonna O.R., Saravia D.J., Muscari G.J., Gamarra G.J. & Florian A.A., 1992, Factores que afectan el rendimiento de carcaza de cuyes. XV reunión científica anual de la Asociación de Producción Animal (APPA), Pucallpa Perú, 130 p.
4. Chenost M. & Kayouli C., 1997, Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. Département de l'Agriculture FAO. Étude FAO - Production et santé animales, 135 p.
5. Dougnon G.M., 2009, Utilisation du tourteau détoxifié de *Jatropha curcas* dans l'alimentation des coquelets. Non publié. Thèse Ingénieur Ecole Supérieure d'Agronomie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire.
6. Gérard P., 1957, Organe olfactif, Chapitre 6. In: P. Grassé (editor), Traité de Zoologie, Tome XII, Paris, 1145 p.
7. Ipou I.J., Marmotte P., Kadio G.A., Aké S. & Touré Y., 2004, Influence de quelques facteurs environnementaux sur la germination d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae). Tropicultura 22, 4, 176-179.
8. Minagra, 1999, Salon de l'agriculture et des ressources animales d'Abidjan: L'agriculture Ivoirienne à l'aube du XXI^{ème} siècle. Abidjan, Côte d'Ivoire.
9. Niba A.T., Djoukam J., Tegua A., Kudi A.C. & Loe J.O., 2004, Influence of level of cottonseed cake in the diet on the feed intake, growth performance and carcass characteristics of guinea pigs in Cameroon. Tropicultura, 22, 1, 32-39.
10. ONU, 2005, Projets 2005: procédure d'appel global. République Démocratique du Congo, Organisation des Nations Unies, Banque mondiale, 80 p.
11. Picron P., 2007, Amélioration de l'alimentation du cobaye en province de Kinshasa: méthodes de prédiction de la valeur alimentaire des aliments. Non publié. Thèse de bio-ingénieur. Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale. Université Catholique de Louvain, Belgique.
12. PNUD, 2006, Rapport National sur le développement humain en Côte d'Ivoire: cohésion sociale et reconstruction nationale. Organisation des Nations Unies, 191 p.
13. Rémésy C., Demigné C. & Morand C., 1995, Metabolism of short-chain fatty acids in the liver. In: Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids. Cummings J.H., Rombeau J.L., Sakata T. (editors), Cambridge University Press, Cambridge, p. 171-190.
14. Sakaguchi E., Itoh I., Kohno T., Ohshima S. & Mizutani K., 1997, Fiber digestion and weight gain in guinea pigs fed diets containing different fiber sources. Exp. Anim. 46, 297-302.
15. Takamitsu T. & Kazunari U., 2000, Effects of animal or plant protein diets on cecal fermentation in guinea pigs (*Cavia porcellus*), rats (*Rattus norvegicus*) and chicks (*Gallus gallus domesticus*). Comp. Biochem. Physiol. Anim. 127, 139-146.

N'G.D.V. Kouakou, Ivoirien, Ingénieur Agronome, Master of Science en Santé Animale Tropicale, Assistant, Enseignant-Chercheur, Département Agriculture et Ressources Animales de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

E. Thys, Belge, Docteur en médecine vétérinaire, Docteur en sciences vétérinaires, Docteur-assistant, Département de Santé Animale, Institut de Médecine Tropicale, Antwerpen, Belgique.

E.N. Assidjo, Ivoirien, Ingénieur Agronome, Docteur en Chimie Analytique, Maître de Conférence, Enseignant-Chercheur, Département Génie Chimie Agro Alimentaire, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire.

J.-F. Grongnet, Français, Ingénieur Agronome, Professeur-Nutrition, Transfert de technologie et développement rural Agrocampus Ouest Rennes, Chercheur associé à l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA), France.

Investissement en culture attelée et amélioration de la rentabilité de la culture cotonnière en Centrafrique

E. Mbétid-Bessane

Keywords: Animal traction- Investment- Profitability- Cotton culture- Central African Republic

Résumé

L'objectif assigné à l'étude est d'apprécier la contribution de la culture attelée à l'amélioration de la rentabilité de la culture cotonnière et de cerner les déterminants de l'investissement en culture attelée sur lesquels le gouvernement peut agir pour relancer cette technologie en Centrafrique. Pour atteindre cet objectif, des analyses financière et économétrique ont été effectuées sur un échantillon de 300 exploitations cotonnières des bassins du nord-ouest et du centre-est. Les résultats de cette étude ont montré que la production cotonnière en culture attelée est plus rentable que la production cotonnière en culture manuelle. Le taux de rentabilité pour la culture manuelle est de - 0,16 contre 0,45 pour la culture attelée. Pour que le revenu du coton soit positif en culture manuelle dans les conditions actuelles, il faut un rendement supérieur à 834 kg/ha. Par ailleurs, l'analyse économétrique a montré que les principaux déterminants de l'investissement en culture attelée sont l'accès au crédit des producteurs et le revenu du coton. Ainsi pour relancer la culture attelée afin d'améliorer la rentabilité de la culture cotonnière, le gouvernement peut créer des conditions pour faciliter l'octroi de crédit et rehausser le prix de coton aux producteurs tout en stabilisant les prix des intrants.

Summary

Investment in Animal Traction and Improvement of the Profitability of the Cotton Culture in the Central African Republic

The objective of this study is to appreciate the contribution of animal traction to the improvement of the profitability of the cotton culture and to find out the determinants of the investment in animal traction on which the government can act to boost this technology in the Central African Republic. To reach this objective, financial and econometric analysis has been done on a sample of 300 cotton farms in the northwest and the east-center of the production areas. The results of this study show that cotton production using animal traction is more profitable than cotton production in manual culture. The rate of profitability for the manual culture is about - 0.14 against 0.45 for the animal traction. For the income of cotton to be positive in manual culture in the present conditions, it is necessary to have an output superior to 834 kg/ha. Otherwise, the econometric analysis shows that the main determinants of the investment in animal traction are the access to credit of the producers and the income of cotton. To boost animal traction in order to improve the profitability of the cotton culture, the government must create conditions which facilitate the granting of credit and increase the price of cotton to the producers while stabilizing the prices of inputs.

Introduction

La culture attelée est une technologie très ancienne dans le monde. En dépit d'énormes mutations technologiques du siècle passé en agriculture, son utilisation reste encore très importante dans de nombreuses sociétés agraires du XXI^e siècle (8). Dans les pays industrialisés, l'utilisation des animaux pour leur énergie dans les systèmes de production agricoles est pratiquement abandonnée; elle est en cours de remplacement dans des pays émergents et tout à fait d'actualité dans certains pays en développement.

Introduite il y a plus de 50 ans en Centrafrique, la culture attelée n'a connu qu'un développement modeste malgré l'importance d'élevage bovin dans le pays. Ce faible développement de la culture attelée conjugué à la faiblesse du facteur travail (3,00 actifs familiaux

en moyenne) fait que les exploitations agricoles ont de petites surfaces cultivées, en moyenne de 2,25 ha (9). Suite à un programme de diffusion, prévoyant l'octroi à crédit d'un attelage complet (remboursable en cinq annuités au taux de 7%), le nombre de bœufs de trait avait atteint 1.445 paires en 1970. Cependant, avec la "réforme agraire" de 1970, le développement de la culture attelée a été stoppé en 1971 au profit de la motorisation agricole connue sous le nom de "l'opération Bokassa". L'échec du programme de motorisation a amené les agriculteurs à retourner à la culture manuelle et attelée, on n'a dénombré plus que 878 paires de bœufs de trait en 1975 (15).

En 1976, un programme de relance de la culture attelée a redémarré sur l'ensemble de la zone cotonnière,

ainsi le nombre de paires de bœufs de trait était passé de 878 en 1975 à 4.884 en 1985. En 1992, cette évolution a connu un ralentissement sous les effets conjugués de la crise économique liée à la baisse des cours mondiaux du coton et l'arrêt de certains projets de développement impliqués dans le programme. Néanmoins, une légère reprise a été amorcée en 1995 pour s'affirmer en 2000 avec 9.000 paires de bœufs de traction. Ainsi, 19% des producteurs de coton étaient des propriétaires d'attelage et 47% d'agriculteurs en zones cotonnières avaient accès au labour attelé par la location (9). Cependant, les crises politico-militaires que le pays a connues depuis 2002 et les différentes rébellions ont entraîné la décapitalisation des exploitations agricoles dans le bassin du nord-ouest et donc la perte des animaux de trait et des outils d'accompagnement, ramenant ainsi la quasi-totalité des agriculteurs de ce bassin de forte production cotonnière à la culture manuelle. Les appuis apportés par les organisations humanitaires internationales aux populations privilégient les aides alimentaires et le petit outillage, ce qui ne permet pas la recapitalisation des exploitations en culture attelée.

L'objet de cet article est d'abord d'apprécier la contribution de la culture attelée à l'amélioration de la rentabilité de la production cotonnière et ensuite de cerner les déterminants de l'investissement en culture attelée sur lesquels le gouvernement peut agir pour relancer cette technologie en Centrafrique.

Méthodologie

Approches conceptuelle et théorique

La rentabilité est un concept général qui s'exprime par un rapport entre les résultats et les moyens mis en œuvre (2). L'analyse économique et financière des exploitations agricoles distingue la rentabilité économique et la rentabilité financière. La rentabilité économique est le résultat brut des activités de production ramené au volume total de la production en valeur. La rentabilité financière est le résultat net ramené aux capitaux propres de l'exploitant. Le coton étant destiné au marché, c'est la rentabilité financière qui est retenue. La rentabilité de la culture cotonnière est donc le rapport entre le revenu du coton et son coût de production. Par ailleurs, l'investissement est l'emploi des capitaux visant l'accroissement de la production d'une entreprise (14). L'investissement en culture attelée représente donc les charges engagées par le producteur du coton pour l'acquisition des bœufs de trait et des outils d'accompagnement, le dressage des bœufs et la formation des actifs à la conduite. Cependant, la décision d'investissement en culture attelée par un producteur repose sur le principe économique de rationalité. Le producteur rationnel préfère la technologie qui lui procure le plus d'utilité (16).

Si un agriculteur i possède une fonction d'utilité $U_{ij} =$

$U_{ij}(X_i)$ variant selon la technologie j choisie ($j = 1, 2$; X_i est un vecteur colonne de k facteurs déterminant le choix des technologies et l'utilité résultant du choix), il choisira la technologie 1 si $U_{i1} > U_{i2}$. Cette préférence de choix de l'agriculteur peut être représentée par la variable latente Y_i^* telle que: $Y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i$, avec β vecteur ligne de k paramètres et ε_i une perturbation aléatoire; $Y_i^* > 0$ si $U_{i1} > U_{i2}$; $Y_i^* \leq 0$ si $U_{i1} \leq U_{i2}$. En définissant une variable dichotomique Y_i telle que $Y_i = 1$ si la technologie 1 est choisie et $Y_i = 0$ sinon, la probabilité P_i de choix de la technologie 1 est donnée par:

$$P_i = \text{Prob}(Y_i=1) = \text{Prob}(Y_i^* > 0) = \text{Prob}(\beta X_i + \varepsilon_i > 0) = \text{Prob}(\varepsilon_i > -\beta' X_i).$$

En supposant une distribution symétrique de ε_i , on obtient: $P_i = \text{Prob}(\varepsilon_i < \beta X_i) = F(\beta X_i)$, F étant une fonction de répartition définie par la loi de ε_i . Selon que ε_i suit une loi normale ou logistique, le choix de l'agriculteur peut être représenté par un modèle logit ou probit.

Méthode d'estimation du modèle

L'analyse permet de mettre en évidence les déterminants de l'investissement en culture attelée par la méthode de maximum de vraisemblance (4). La variable expliquée est représentée par la décision ou non d'investir dans la culture attelée. Il s'agit de la variable binaire suivante: choix ou non de l'investissement dans la culture attelée. Les variables explicatives sont des variables économiques, sociales et institutionnelles liées à l'exploitation. Les variables économiques sont le revenu du coton, le nombre d'actifs familiaux, la superficie en coton et le capital d'exploitation. Quant aux variables sociales, il s'agit de l'âge du chef d'exploitation, du nombre d'années d'expérience dans la culture cotonnière et de son niveau d'alphabétisation. Enfin l'accès au crédit de culture attelée est retenu comme variable institutionnelle.

Terrain de recherche et échantillon de producteurs de coton

Le terrain de recherche couvre les deux bassins cotonniers du pays. Le choix des producteurs enquêtés a été raisonné à partir des études typologiques des exploitations de ces bassins (9). Ainsi, un échantillon de 300 producteurs de coton ayant la maîtrise des techniques culturales a été constitué: 150 producteurs dans le nord-ouest notamment dans la sous-préfecture de Bossangoa et 150 producteurs dans le centre-est précisément dans la sous-préfecture de Bambari. Les données collectées ont porté sur 3 campagnes agricoles (2006/07, 2007/08 et 2008/09).

Résultats et discussion

Caractérisation des systèmes de culture cotonnière

Sur les 300 producteurs de coton constituant

l'échantillon, 40% de producteurs sont en culture attelée contre 60% de producteurs en culture manuelle. L'âge moyen des producteurs en culture attelée est supérieur à celui des producteurs en culture manuelle, soit 48 ans contre 31 ans; les producteurs en culture attelée sont plus âgés que les producteurs en culture manuelle. En outre, l'âge des producteurs influe le nombre d'années d'expériences dans la culture cotonnière et la disponibilité des facteurs de production tels que le nombre d'actifs familiaux, la superficie cultivée en coton et le capital d'exploitation. Cependant, le taux d'alphabétisation est plus élevé chez les producteurs en culture manuelle que chez ceux en culture attelée, soit 44% contre 21% (Tableau 1).

Le résultat des systèmes de culture donne un rendement moyen en coton graine de 720 kg/ha en culture manuelle contre 1.240 kg/ha en culture attelée. Bien que les producteurs des deux systèmes maîtrisent les techniques culturales, le rendement en culture attelée reste supérieur au rendement en culture manuelle. Ce résultat est conforme aux travaux antérieurs de l'Institut Centrafricain de la Recherche Agronomique sur les études comparatives des systèmes cotonniers en culture attelée et en culture manuelle (6).

Rentabilité des systèmes de culture cotonnière

Les principaux facteurs de production cotonnière sont les semences, les engrais, les insecticides, les matériels, la main-d'œuvre et la terre. Les semences cotonnières sont fournies gratuitement aux producteurs et l'accès à la terre de culture est aussi gratuit. Le producteur de coton ne supporte que les coûts d'engrais, d'insecticides, des matériels et de la main-d'œuvre (familiale et extérieure à l'exploitation). La main-d'œuvre

familiale est valorisée au prix du marché puisque le coton n'est pas une culture vivrière pour qu'il y ait compensation avec l'autoconsommation; c'est une culture totalement destinée au marché.

L'analyse de la rentabilité de la culture cotonnière porte sur le système en culture manuelle et le système en culture attelée. Les prix moyens, des trois campagnes agricoles, du coton et des intrants sont de: 150 FCFA/kg de coton graine, 360 FCFA/kg d'engrais et 5.720 FCFA/L d'insecticides. Les valeurs des matériels agricoles utilisés dans le processus de production cotonnière sont évaluées aux prix du marché en tenant compte de leurs valeurs résiduelles. Les doses d'intrants appliquées à l'hectare sont de 150 kg d'engrais et de 5 traitements insecticides conformément aux recommandations de la recherche (Tableau 2).

En valorisant la main-d'œuvre familiale au prix du marché, la production cotonnière en culture manuelle n'est pas rentable dans les conditions actuelles de production. Le revenu du coton est de - 17.000 FCFA, les agriculteurs produisent à perte, et bien évidemment son taux de rentabilité (revenu du coton sur coût de production) est de -0,14. Toutefois ce résultat négatif n'a pas de sens pour ces agriculteurs puisqu'ils ne donnent pas de valeur à la main-d'œuvre familiale et ne prennent pas en compte les amortissements. Pour eux, leur revenu du coton se limite à la marge brute après remboursement des intrants. Par ailleurs, la production cotonnière en culture attelée, dans les conditions actuelles de crise de la filière, donne un revenu de 145.000 FCFA et un taux de rentabilité de 0,45. La production cotonnière en culture attelée est plus rentable que la production cotonnière en culture

Tableau 1
Caractéristiques des systèmes de culture cotonnière

Caractéristiques	Culture manuelle	Culture attelée
Proportion de producteurs (%)	60	40
Age du producteur (ans)	31	48
Taux de producteurs alphabétisés (%)	44	21
Nombre d'années d'expériences en coton	7	23
Nombre d'actifs familiaux	3	6
Superficie cultivée en coton (ha)	1	2,5
Capital de l'exploitation (FCFA)	105.000	325.000
Rendement en coton graine (kg/ha)	720	1.240

Tableau 2
Compte d'exploitation de la culture cotonnière

Rubriques (FCFA)	Culture manuelle	Culture attelée
Produits bruts	108.000	465.000
Charge des intrants	95.000	200.000
Charge de main-d'œuvre	25.000	80.000
Amortissement des matériels	5.000	40.000
Revenu du coton	- 17.000	145.000
Taux de rentabilité (revenu coton/coût de production)	- 0,14	0,45

Tableau 3
Estimation du modèle logit de choix de l'investissement en culture attelée

Variables	Coefficients	Ecart-types	P > Chi ²
Age du chef d'exploitation	0,398	0,104	0,021
Niveau d'alphabétisation	- 0,109	0,131	- 0,290
Expérience dans la culture cotonnière	0,401	0,101	0,026
Nombre d'actifs familiaux	0,510	0,201	0,032
Superficie cultivée en coton	0,499	0,172	0,008
Capital d'exploitation	0,486	0,157	0,017
Revenu du coton	0,881	0,211	0,005
Accès au crédit	1,432	0,421	0,000
-2 Log (Vraisemblance)	: 268,106	R ² (Nagelkerke)	: 0,873
R ² (McFadden)	: 0,721	Nombre d'observations	: 300
R ² (Cox and Snell)	: 0,691		

manuelle. Ces résultats sont conformes aux travaux réalisés antérieurement sur la rentabilité de la culture cotonnière (6).

En effet, même si les doses d'intrants sont respectées dans la production cotonnière en culture manuelle comme il en est en culture attelée, la main-d'œuvre n'est pas suffisante dans ce système pour permettre une amélioration du rendement puisqu'elle est partagée entre le coton et les vivriers surtout au moment de sarclages où la priorité est accordée aux vivriers pour assurer la sécurité alimentaire des exploitations. Pour que le revenu de coton soit positif en culture manuelle, dans les conditions actuelles, il faut un rendement de plus de 834 kg/ha, ce qui est difficile si le recours en culture attelée n'est pas envisagé pour réguler le problème de main-d'œuvre.

La culture attelée permet de réduire le temps des travaux agricoles, d'effectuer les différents travaux dans le délai du calendrier agricole et de réduire aussi la pénibilité du travail humain. Ce qui entraîne une augmentation des superficies labourées et des facilités d'entretien des parcelles, d'où une augmentation de la production cotonnière. Ainsi, l'investissement en culture attelée permet donc de rentabiliser la production cotonnière. En outre, l'agriculteur peut mettre en location la traction animale à certains agriculteurs, ce qui lui génère de revenu complémentaire et même aussi labourer des parcelles d'autres agriculteurs en échange de la main-d'œuvre pour ses travaux de récolte etc. (9). Mais comment faire pour que les producteurs de coton puissent investir dans la culture attelée ?

Déterminants de l'investissement en culture attelée

L'analyse économétrique des déterminants du choix de l'investissement en culture attelée à l'aide du modèle logit a révélé que la variable sociale telle que le niveau d'alphabétisation du producteur de coton n'a pas d'impact significatif sur la probabilité de choix de l'investissement en culture attelée. Cependant,

les variables économiques telles que le revenu de la culture cotonnière, le nombre d'actifs familiaux de l'exploitation agricole, la superficie cultivée en coton et le capital d'exploitation; les variables sociales telles que l'âge et l'expérience du producteur dans la culture cotonnière; et la variable institutionnelle comme l'accès au crédit ont un impact positif sur la probabilité de choix de l'investissement en culture attelée au seuil de 5%. Ces résultats sont conformes aux travaux antérieurs sur les déterminants du choix des agriculteurs (1, 10, 11, 12) (Tableau 3).

En outre, l'analyse de la sensibilité de la probabilité du choix de l'investissement en culture attelée par rapport aux variables explicatives montre que la variable institutionnelle et les variables économiques ont les effets marginaux les plus forts par rapport aux variables sociales. L'accès du producteur au crédit et le revenu de la culture cotonnière sont les principaux déterminants de l'investissement en culture attelée en Centrafrique. Il faut donc agir sur ces deux déterminants si l'on veut que les producteurs de coton investissent dans la culture attelée.

En effet, une grande partie de l'énergie agricole est encore manuelle en Centrafrique, ce qui laisse une grande marge de progrès pour l'utilisation de l'énergie animale qui s'est développée grâce à ses nombreux avantages: c'est une source adaptée d'énergie renouvelable pour les exploitations agricoles; elle permet l'amélioration de la productivité du travail humain; elle entraîne une diminution de la pénibilité du travail et la libération partielle des actifs familiaux pour d'autres activités; elle contribue à l'augmentation de la production agricole; elle permet l'amélioration de la sécurité alimentaire des exploitations et de la durabilité des systèmes de production (13), même si certains auteurs présentent des résultats qui ont parfois fait l'objet de controverses quant à l'intérêt de cette technologie (3, 7).

Les travaux au centre et au sud du Tchad sur la culture attelée entre 1967 et 1977 ont abouti à la conclusion que cette technologie constitue un progrès dangereux selon Charrière (3). Son expérience de 10 ans de

mécanisation agricole (culture attelée ou motorisée) a mis en évidence la fragilité de la plupart des sols de cette région sahélienne et sub-sahélienne. Introduites isolément, des techniques comme le labour à la charrue, même peu profond, accélèrent l'érosion et le lessivage des terres cultivées et peuvent aboutir à la désertification en deux ou trois campagnes agricoles selon cet auteur. Il préconise une approche globale, écologique, pour établir des modèles techniques adaptés en privilégiant l'association agriculture-élevage, en termes d'apport de matière organique aux sols cultivés, et le reboisement protecteur, producteur d'énergie et de fourrage intégré à l'exploitation agricole dans le souci du relèvement du niveau de fertilité des sols.

En effet, le rôle majeur qu'a pu jouer l'utilisation de la traction animale sur le développement rural est bien reconnu, non seulement en Afrique subsaharienne mais aussi sur d'autres continents et à d'autres époques. La particularité actuelle de l'Afrique, dans ce domaine, est sans doute l'acuité des problèmes qui se posent encore, à la suite de diverses évolutions économiques qui rendent le développement et l'amélioration de l'utilisation de la traction animale toujours aussi nécessaires, mais de plus en plus difficiles (8). Pour de nombreux hommes politiques et bailleurs de fonds, la traction animale est une technique jugée dépassée; elle est aujourd'hui délaissée par la recherche et le développement (15). Il s'agit là d'une vision erronée de la place de la traction animale dans les zones rurales et de son rôle moteur dans le développement agricole. Cependant, l'adoption de la culture attelée dans les conditions actuelles entraîne des coûts monétaires que la plupart des agriculteurs en culture manuelle ne peuvent pas supporter en Centrafrique. Ainsi pour relancer la culture attelée afin d'améliorer la rentabilité de la culture cotonnière, le gouvernement peut créer des conditions appropriées pour faciliter l'octroi de crédit et rehausser le niveau du prix de coton aux producteurs tout en stabilisant les prix des intrants.

Conclusion

L'investissement en culture attelée dans le contexte actuel de la crise de la filière cotonnière en Centrafrique

ne peut se faire sans le soutien de l'Etat par le biais de crédit aux producteurs et du relèvement du prix de coton. Or du fait des tensions de trésorerie depuis plusieurs années, la part du budget de l'Etat centrafricain affectée au financement de l'agriculture est assez négligeable. Selon les statistiques de la Banque des Etats de l'Afrique Centrale, entre 2003 et 2009, moins de 0,5% de ressources propres de l'Etat a été annuellement prévu pour l'ensemble du secteur agricole. Ces ressources propres sont affectées aux dépenses de fonctionnement et de salaires des fonctionnaires du Ministère en charge de l'agriculture.

Toutefois, ces dernières années, les bailleurs de fonds ont massivement investi dans les caisses de crédit mutuel et les caisses d'épargne et de crédit. Quand il s'agit de toucher les populations rurales et de mobiliser les fonds pour l'investissement rural, ces caisses atteignent rapidement un certain nombre de limites. Comme l'essentiel de leurs fonds provient de la collecte d'une épargne à court terme, les caisses prêtent généralement avec une très grande prudence. En principe, elles limitent leurs prêts à 50% de leurs dépôts et placent le reste auprès des banques commerciales. Dans la mesure où elles collectent l'épargne en milieu rural, il en résulte un important transfert de capitaux vers les villes, alors que c'est justement le contraire qui devrait se produire si le secteur agricole était considéré comme le moteur du développement économique du pays. Pour limiter leurs coûts de fonctionnement, les caisses n'ouvrent pas de filiales dans les communes rurales, si bien que la majeure partie de la population rurale se trouve privée de services financiers.

Face à cette situation, le gouvernement a pris l'initiative de créer en 2008 un Fonds de Développement Agro-Pastoral qui devrait financer, entre autres, le développement de la mécanisation agricole, mais ce fonds n'est pas encore opérationnel faute de financement. Il s'avère donc indispensable que des moyens puissent être mobilisés par l'Etat pour rendre ce Fonds opérationnel afin de contribuer au financement de la culture attelée par des mécanismes de crédit aux agriculteurs.

Références bibliographiques

1. Boussard J.M., 1987, Economie de l'agriculture. Economica, Paris, 310 p.
2. Capiez A., 1986, Elément de gestion financière. Masson, Paris, 175 p.
3. Charrière G., 1984, La culture attelée: un progrès dangereux. Cah. Orstom, sér. Sci. Hum. **XX**, 3/4, 647-556.
4. Greene W., 2005, Econométrie. Pearson Education, 5^e éd., Paris, 943 p.
5. Icra, 1995, Les exploitations agricoles dans les savanes centrafricaines. Rapport de recherche, Bangui, 152 p.
6. Kafara J.M. & Yandia A., 1999, Rapport scientifique de recherche du programme coton. Campagne agricole 1998/99. Icra, Bangui, 42 p.
7. Le Thiec G., 1996, Agriculture africaine et traction animale. Cirad, Coll. Technique, Montpellier, 355 p.
8. Lhoste P., 2004, La traction animale en Afrique subsaharienne: histoire et nouveaux enjeux. Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop. **57**, 3/4, 125-131.
9. Mbéti-Bessane E., 2002, Gestion des exploitations agricoles dans le processus de libéralisation de la filière cotonnière en Centrafrique. Thèse de doctorat en Economie, Institut National Polytechnique, Toulouse, 317 p.
10. Mbéti-Bessane E., 2003, Crise cotonnière en Centrafrique et choix des agriculteurs en fonction de leur localisation à la ville. Tropicultura, **21**, 4, 218-220.
11. Napier T.L., Napier A.S. & Turcker M.A., 1991, The social, economic and institutional factors affecting adoption of soil conservation practices: the asian experience. Soil Tillage Research, **20**, 365-382.
12. Ouedraogo S.R., 2003, Déterminants économiques, sociodémographiques et institutionnels de l'adoption et de l'intensité d'utilisation de la culture attelée dans le centre-nord du Burkina Faso. Annales de l'Université de Ouagadougou, Série B, 001, 103-137.
13. Pearson R.A., Lhoste P., Saastamoinen M. & Martin-Rosset W., 2003, Working animals in agriculture and transport. A collection of some current

research and development observations. Wageningen, the Netherlands, Wageningen Academic Publishers, 209 p.

14. Stengel J., 2003, Le choix des investissements dans une économie incertaine. Eme, Paris, 197 p.
15. Vall E., Dongmo Ngoutsop A.L., Abakar O., Beldjé Bédogo & Koulmasse K., 2002, La traction animale: une innovation en phase

d'institutionnalisation, encore fragile. Actes du Colloque «Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis», 27-31 mai, Garoua.

16. Varian H.R., 2006, Analyse microéconomique. De Boeck, 6^e éd., Bruxelles, 824 p.

E. Mbéid-Bessane, Centrafricain, Docteur en Economie Rurale, Chef de département des sciences économiques à l'Université de Bangui, Chercheur au Pôle régional de recherche appliquée au développement des systèmes agricoles d'Afrique centrale.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE ADRESVERANDERING

CHANGING OF ADDRESS CAMBIO DE DIRECCION

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

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

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

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

Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans cultureux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso

B. Koulibaly¹, O. Traoré¹, D. Dakuo², P.N. Zombré³ & D. Bondé⁴

Keywords: Crops residues- Organic fertilization- Mineral fertilizer- Yield- Nutrient balance- Burkina Faso

Résumé

Un essai a été conduit de 1982 à 2006 dans l'objectif d'analyser les effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans cultureux d'une rotation triennale coton-maïs-sorgho. Dans un dispositif expérimental en blocs simples non randomisés, la gestion extensive où les résidus sont exportés (T1) est comparée à la gestion semi-intensive (T2) et à la gestion intensive des résidus de récolte (T3) recyclés en compost et fumier, respectivement. Les rendements des cultures, l'évolution des propriétés chimiques du sol et les bilans cultureux ont été déterminés. Les résultats montrent que l'exploitation continue des terres affecte la plupart des caractéristiques chimiques du sol quelle que soit la gestion des résidus de récolte. Les teneurs en carbone ont baissé de 44%, 15% et 13% respectivement en gestion extensive (T1), gestion semi-intensive (T2) et gestion intensive (T3) des résidus de récolte. Le P total a chuté de 25% soit une perte annuelle de 1% sur tous les traitements. Avec l'exportation des résidus de récolte, les teneurs en Ca²⁺ ont baissé de 2,43 à 1,37 cmol+ kg⁻¹, celles en Mg²⁺ de 0,9 à 0,29 cmol+ kg⁻¹ ainsi que la Somme des Bases Echangeables qui est passée de 3,79 à 1,79 cmol+ kg⁻¹ en 25 ans. Le recyclage des résidus de récolte en compost (T2) et en fumier (T3) augmente les rendements respectivement de 13 et 22% sur coton, 45 et 60% sur maïs, 19 et 44% sur sorgho. Les bilans cultureux en N, P, K et S sont positifs mais la baisse générale de la fertilité des sols met en évidence des pertes de nutriments dues à l'érosion qui mériteraient d'être évaluées. L'étude recommande une gestion intégrée des résidus de récolte et l'utilisation du phosphate naturel pour assurer la durabilité des systèmes de culture coton-céréales.

Summary

Crops Residues Management Effects on Crops Yields and Mineral Balance in a Cotton-Maize-Sorghum Rotation in Burkina Faso

The effect of crop residues management on crops yields and nutrients balances in a cotton-cereals cropping system was studied in a long-term experiment carried out from 1982 to 2006. The experimental design was a simple nonrandomized blocks comparing extensive management of crops residues (T1), semi-intensive management of crops residues (T2) and intensive management of crops residues (T3).

Crops yields, soil chemical properties and mineral balances were measured. Results showed that after 25 years, soil carbon contents decrease was respectively 44%, 15% and 13%, with an extensive, semi-intensive and intensive management of crops residues. Total phosphorus decrease was 25% in all the treatments. Exchangeable Ca and Mg declined from 2.43 to 1.37 cmol+ kg⁻¹ and 0.9 to 0.29 cmol+ kg⁻¹ respectively while the Sum of Exchangeable Bases declined from 3.79 to 1.79 cmol+ kg⁻¹. Recycling crops residues to compost and manure increased cotton yields from 13 to 22 %, maize yields from 45 to 60 %, and sorghum yields from 19 to 44%. Mineral balance in N, P, K and S was improved after 25 years of continuous cultivation while using compost or manure. At the same time, the decline of soil properties was due to nutrients losses which need to be evaluated. This study recommends integrated crops residues management and the use of rock phosphate to improve sustainability in cotton-cereals cropping systems.

Introduction

La valorisation des résidus de récolte peut contribuer de façon déterminante à assurer le maintien de la fertilité des sols cultivés (10). Dans les zones

cotonnières du Burkina Faso, la mise en culture des sols est suivie d'une dégradation rapide de la fertilité qui se traduit par une acidification accentuée par

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Programme coton 01 BP 208 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

Tél: (226) 20 97 21 05/70 23 90 05, Fax: (226) 20 97 01 59; E-mail: bazoumana@hotmail.com

E-mail: ouola.traore@coraf.org

²Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX), BP 147, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. E-mail: ddakuo@yahoo.fr

³Unité de Formation des Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Laboratoire de biologie et écologie végétale, Université de Ouagadougou,

E-mail: prosper.zombre@univ-ouaga.bf

⁴Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Institut du Développement Rural (IDR), Département d'agronomie. E-mail: desire06bonde@yahoo.fr.

Reçu le 22.07.10 et accepté pour publication le 09.09.10.

l'utilisation quasi exclusive des engrais minéraux (19). La durabilité des systèmes de cultures repose sur la gestion rationnelle de la fertilité des sols (5, 7, 11). Berger *et al.* (1) ont proposé l'enfouissement direct des résidus au sol ou leur restitution sous forme de fumure organique pour maintenir la fertilité des sols cultivés. D'autres travaux précisent que le recyclage des résidus ou leur incorporation au sol combinée aux techniques de travail du sol et aux rotations des cultures, améliore certaines propriétés du sol tout en réduisant les phénomènes d'érosion (2, 18). Pourtant, dans les systèmes de production à base de coton et de céréales, les résidus de récolte sont brûlés ou pâturés, ce qui entraîne souvent des bilans minéraux déficitaires (3). Dans ces conditions, la matière organique du sol baisse rapidement du fait que sa minéralisation n'est pas compensée par les restitutions organiques adéquates (14).

Le maintien de la fertilité semble compromis par la mauvaise gestion des résidus de récolte et le coût de revient des engrais minéraux importés. De plus, le phosphate naturel extrait du gisement de Kodjari couramment appelé « Burkina phosphate » est peu utilisé par les producteurs (6, 9).

La présente étude vise à déterminer les effets de trois traitements associant la fumure minérale et les modes de gestion des résidus de récolte dans un système de rotation triennale coton-maïs-sorgho. En outre, elle intègre à la gestion des résidus de récolte, la valorisation du phosphate naturel, puis analyse l'influence des traitements comparés sur la nutrition minérale des cotonniers et les bilans culturaux dans ce système de culture au terme de 25 ans d'étude.

Matériels et méthode

Cette étude est implantée depuis 1982 sur la ferme expérimentale de Boni (3°26' de longitude Ouest,

11°32' de latitude Nord et 302 m d'altitude) sur un sol ferrugineux tropical. Le climat est du type sud-soudanien avec une saison pluvieuse allant de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. La pluviométrie souvent mal répartie, est très irrégulière et varie de 723 à 1353 mm répartis sur 40 à 75 jours de pluie (Figure 1).

L'essai est conduit en blocs simples non randomisés, sur six hectares cultivés en rotation coton-maïs-sorgho à raison de deux hectares par culture et par année. Trois modes de gestion des résidus de récolte combinés à des apports de phosphate naturel (25% P₂O₅ et 35% CaO) et d'engrais minéraux sont comparés.

T1 - Gestion extensive des résidus de récolte. Les tiges de maïs et de sorgho sont pâturées ou exportées de la parcelle. Tous les trois ans sur le maïs, 300 kg.ha⁻¹ de phosphate naturel sont apportés au hersage.

T2 - Gestion semi-intensive des résidus de récolte. En moyenne 4 t.ha⁻¹ de tiges de sorgho sont recyclées en compost après 45 jours de broyage par 20 bœufs dans un parc où on apporte 300 kg de phosphate naturel. Ce compost est appliqué tous les trois ans sur le maïs à 6 t.ha⁻¹ et contient en moyenne: 28% de matière organique; 2,2% N; 1,9% P; 1,8% K et 0,3% S.

T3 - Gestion intensive des résidus de récolte. Les 4 t.ha⁻¹ de tiges de sorgho sont recyclées en fumier dans un parc d'hivernage sous l'action seule des eaux pluviées après 60 jours de broyage par 20 bœufs. Ce fumier de parc contient 28% de matière organique; 2,2% N; 1,1% P; 1,7% K et 0,3% S. Il est utilisé à 6 t.ha⁻¹ tous les trois ans sur le maïs avec 300 kg.ha⁻¹ de phosphate naturel.

Sur les traitements T2 et T3, les tiges de maïs sont

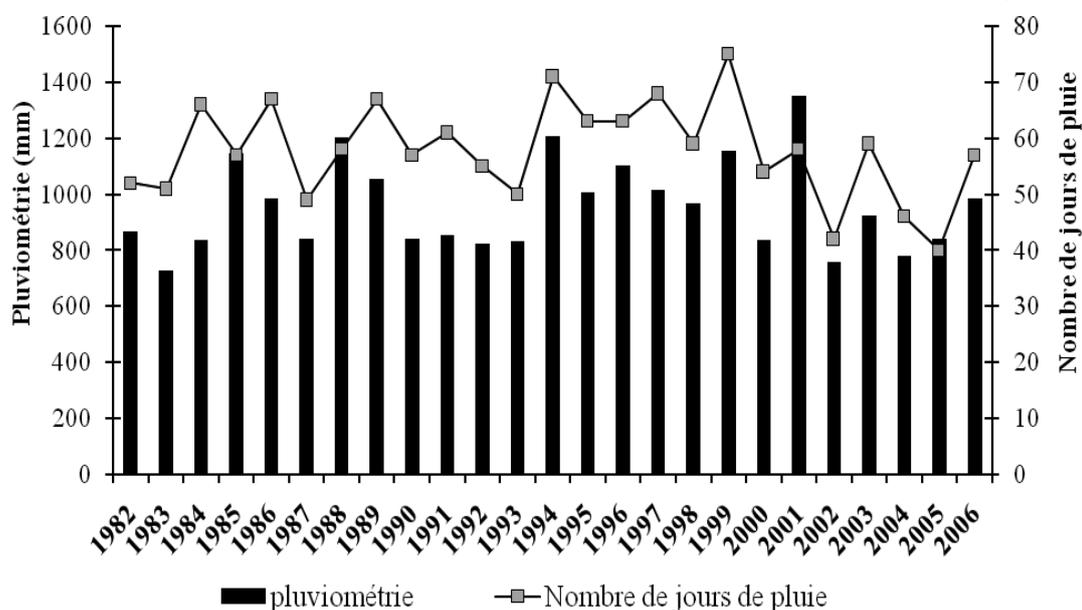


Figure 1: Pluviométrie et nombre de jours de pluie à Boni de 1982 à 2006.

enfouies au sol par un labour de fin d'hivernage tandis que les tiges de cotonniers sont coupées et brûlées en petits tas sur tous les traitements. La fertilisation minérale (engrais solubles et phosphate naturel) ramenée à l'année, apporte par hectare 46 N, 25 P, 48 K, 18 S et 1 B sur le cotonnier, 74 N, 25 P, 60 K sur le maïs, 46 N et 25 P sur le sorgho.

Les variétés de cotonnier, de maïs et de sorgho utilisées ont des potentiels de rendement respectifs de 3 à 4 t.ha⁻¹, 4 à 5 t.ha⁻¹ et 2 à 3 t.ha⁻¹.

Un labour du sol au tracteur à partir de mai précède les semis effectués du 20 mai au 10 juillet. Un démariage est pratiqué 15 jours après la levée afin de ramener les trois cultures à une densité théorique de 62.500 plants ha⁻¹. La lutte contre les mauvaises herbes est réalisée par des désherbages chimiques, manuels et mécaniques. La protection du cotonnier est assurée par les programmes de traitements insecticides vulgarisés.

Des échantillons de sol ont été prélevés sur les parcelles en coton pour suivre l'évolution du carbone, de l'azote, du phosphore (total et assimilable), des bases échangeables, de la CEC et du pH eau et pH KCl. Chaque année les rendements des trois cultures sont évalués. Un bilan cultural basé sur les apports par les fumures et les exportations minérales par les récoltes a été déterminé (8, 13).

Les logiciels STATITCF et XLSTAT 6.1.9 ont été utilisés pour l'analyse de variance des données et le test de Fisher pour la séparation des moyennes au seuil de probabilité de 5%.

Résultats

Evolution des caractéristiques chimiques des sols

Le tableau 1 montre que la plupart des caractéristiques chimiques des sols sont affectées par la durée d'exploitation du sol et ce, quelle que soit la gestion des résidus de récolte. Les teneurs initiales du sol en carbone variaient de 9,40 à 8,20 g.kg⁻¹. Après 25 années de mise en culture du sol, ces teneurs ont baissé de 44%, 15% et 13% respectivement en gestion extensive (T1), gestion semi-intensive (T2) et gestion intensive (T3) des résidus de récolte.

Les teneurs en azote du sol ont chuté de 44% avec la fumure minérale (T1) et de 34% avec l'association compost-fumure minérale (T2). Les teneurs en P total et en P assimilable du sol qui étaient initialement faibles ont baissé de façon drastique sur toutes les parcelles y compris celles amendées par le compost et le fumier. Le P total a chuté de 25% soit une perte annuelle de 1% sur tous les traitements. Les baisses les plus importantes ont été notées en gestion extensive des résidus sur les teneurs en Ca²⁺ (2,43 à 1,37 cmol+ kg⁻¹), en Mg²⁺ (0,9 à 0,29 cmol+ kg⁻¹) ainsi que la SBE qui est passée de 3,79 à 1,79 cmol+ kg⁻¹ en 25 ans. La baisse de la CEC qui est de l'ordre de 16% est modérée avec les apports de compost (T2) et de fumier (T3). Les valeurs du pH eau allant de 5,88

à 6,40 ainsi que celles du pH KCl ne laissent entrevoir aucune tendance d'acidification des sols suite à leur mise en culture.

Effets des fumures sur les rendements des cultures

Les modes de gestion des résidus de récolte n'ont pas eu d'effets significatifs sur les rendements du coton et du maïs pendant 12 ans de culture, ni sur ceux du sorgho pendant 15 ans (Tableau 2). Les restitutions au sol du compost (T2) et du fumier (T3) ont amélioré les rendements et de façon significative après 15 à 18 années selon les cultures. Par rapport au témoin sans aucune restitution organique (T1), l'augmentation des rendements en 25 ans avec l'apport de fumier (T3) a été de 22%, 60% et 44% sur le coton, le maïs et le sorgho, respectivement. L'accroissement des rendements dû à l'apport de compost a été de 13% sur le coton, 45% sur le maïs et 19% sur le sorgho. On observe avec la durée mise en culture des terres, une baisse du rendement des cultures quelle que soit la gestion des résidus de récolte. Cette baisse des rendements est accentuée par l'exportation des résidus de récolte.

Effets des fumures sur les bilans culturaux

Les bilans culturaux après 25 années d'étude sont présentés dans le tableau 3. Tous les traitements dégagent des bilans excédentaires sauf la fumure minérale seule (T1) qui affiche un déficit en potassium. L'enfouissement au sol des tiges de maïs et l'application du compost (T2) et du fumier (T3) permet des bilans azotés positifs de + 442 et + 624 kg.ha⁻¹ de N contre seulement + 88 kg.ha⁻¹ de N après l'exportation des résidus de récolte (T1). Le recyclage des tiges de sorgho en compost améliore le bilan en phosphore. L'exportation des résidus de récolte (T1) a entraîné un bilan potassique déficitaire de - 332 kg.ha⁻¹ de K tandis que le compost et le fumier (associés à la fumure minérale) ont des bilans excédentaires de + 132 à + 143 kg.ha⁻¹ de K. Comparativement à l'exportation des résidus de récolte, le recyclage de ces résidus en compost ou fumier améliore les bilans en soufre de 2,1 et 2,5 fois; respectivement.

Discussions

La baisse de la fertilité du sol est considérée comme une importante cause de la faible productivité des sols tropicaux (4, 11). La fumure minérale sans aucune restitution organique (T1) affecte davantage les caractéristiques chimiques du sol avec le nombre d'années de culture, ce qui dénote d'ailleurs les limites de cette fumure. Cette pratique correspond pourtant à celle qui prédomine dans les systèmes de culture coton-céréales et qui conduit généralement à l'épuisement des terres (4, 15). La baisse des teneurs en C total résulte de la minéralisation de la matière organique qui est de 2 à 4% par an (1). Outre

Tableau 1
Evolution des caractéristiques chimiques des sols sur l'horizon 0-20 cm au cours de leur mise en culture

Traitements	Durée de mise en culture du sol	g.kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹				cmol+ kg ⁻¹				pH eau	pH KCl
		C	N	P. ass	P. tot	Ca++	Mg++	K+	Na+	SBE	CEC				
T1	1 an (1982)	9,40	0,85	-	240,00	2,43	0,9	0,36	0,04	3,79	5,81	6,35	5,4		
	6 ans (1986)	5,85	0,55	19,50	279,00	1,91	0,60	0,15	0,04	2,70	3,32	5,95	4,5		
	12 ans (1993)	5,55	0,37	10,07	120,80	1,95	0,43	0,10	0,05	2,65	4,11	5,88	-		
	18 ans (1999)	5,50	0,50	9,00	107,17	1,77	0,36	0,19	0,05	2,36	3,68	5,90	5,2		
	25 ans (2006)	5,24	0,40	6,72	185,89	1,37	0,29	0,11	0,03	1,79	2,55	6,26	5,51		
T2	1 an (1982)	8,50	0,79	-	265,00	2,16	0,81	0,44	0,11	3,52	6,08	6,10	5,00		
	6 ans (1986)	7,25	0,37	18,00	296,00	1,95	0,66	0,23	0,05	2,89	3,68	5,93	5,10		
	12 ans (1993)	7,10	0,28	12,63	170,20	2,43	0,62	0,14	0,08	3,37	5,00	5,94	-		
	18 ans (1999)	6,88	0,63	15,28	221,73	2,19	0,47	0,19	0,05	2,90	4,46	5,97	5,37		
	25 ans (2006)	6,56	0,52	7,87	199,01	1,50	0,33	0,12	0,03	1,99	3,82	6,27	5,38		
T3	1 an (1982)	8,20	0,68	-	217,00	2,31	0,91	0,40	0,04	3,66	5,32	6,40	5,60		
	6 ans (1986)	5,60	0,327	18,50	235,00	2,16	0,76	0,21	0,04	3,20	3,70	6,08	5,15		
	12 ans (1993)	6,30	0,24	12,07	125,25	2,71	0,77	0,49	0,05	3,72	6,63	6,17	-		
	18 ans (1999)	7,01	0,56	10,79	140,31	2,16	0,55	0,19	0,03	2,92	3,94	5,99	5,49		
	25 ans (2006)	7,14	0,57	6,08	164,63	2,07	0,54	0,14	0,03	2,77	3,82	6,37	5,62		

P ass.: Phosphore assimilable - P tot: Phosphore total

T1= gestion extensive des résidus + Fumure minérale - T2= gestion semi-intensive des résidus + Fumure minérale + compost - T3= gestion intensive des résidus + Fumure minérale + fumier.

Tableau 2
Evolution des rendements des cultures en fonction de la durée de mise en culture des terres et des modes de gestion des résidus de récolte

Durée de mise en culture des parcelles	Coton			Maïs			Sorgho		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	kg.ha ⁻¹								
3 ans (1982-1984)	1752 a	1583 a	1902 a	1486 a	1693 a	1650 a	1488 a	1410 a	1469 a
6 ans (1982-1987)	1660 a	1658 a	1800 a	1981 a	2276 a	2410 a	1398 a	1289 a	1509 a
9 ans (1982-1990)	1589 a	1609 a	1812 a	2121 a	2621 a	2738 a	1331 a	1439 a	1603 a
12 ans (1982-1993)	1477 a	1535 a	1702 a	1929 a	2632 a	2648 a	1203 a	1344 a	1518 a
15 ans (1982-1996)	1434 b	1569 ab	1689 a	1900 b	2661 ab	2693 a	1110 a	1258 a	1424 a
18 ans (1982-1999)	1393 b	1526 ab	1671a	1759 b	2524 a	2638 a	1006 b	1198 ab	1390 a
21 ans (1982-2002)	1325 b	1476 ab	1606 a	1629 b	2358 a	2531 a	934 b	1117 ab	1331 a
25 ans (1982-2006)	1261 b	1421 ab	1545 a	1528 b	2250 a	2444 a	881 b	1047 ab	1276 a
Rendements (%) en 25 ^e année	100	113	122	100	147	160	100	119	149

T1= gestion extensive des résidus + Fumure minérale - T2= gestion semi-intensive des résidus + Fumure minérale + compost - T3= gestion intensive des résidus + Fumure minérale + fumier. Pour chaque culture, les valeurs suivies de la même lettre sur chaque ligne ne diffèrent pas de façon significative au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 3
Bilans cultureux en fonction des modes de gestion des résidus de récolte en 25 années d'exploitation des terres

Eléments	Composantes du bilan	Traitements		
		T1	T2	T3
minéraux		kg.ha ⁻¹		
Azote (N)	Apport annuel par les fumures	55,33	73,65	74,85
	Apport par les fumures en 25 ans	1383,33	1841,25	1871,28
	Exportation annuelle par les cultures	51,81	56,00	49,89
	Exportation par les cultures en 25 ans	1295,25	1399,60	1247,27
	Bilan de 25 ans (N)	+ 88	+ 442	+ 624
Phosphore (P)	Apport annuel par les fumures	25,00	28,00	34,82
	Apport par les fumures en 25 ans	625,00	698,00	871,00
	Exportation annuelle par les cultures	13,54	15,1	24,16
	Exportation par les cultures en 25 ans	338,39	376,8	603,89
	Bilan de 25 ans (P)	+ 287	+ 322	+ 267
Potassium (K)	Apport annuel par les fumures	36,00	53,00	53,46
	Apport par les fumures en 25 ans	900,00	1317	1337
	Exportation annuelle par les cultures	48,51	47,4	47,76
	Exportation par les cultures en 25 ans	1212,80	1184,8	1193,98
	Bilan de 25 ans (K)	-313	+ 132	+ 143
Soufre (S)	Apport annuel par les fumures	6,00	9,00	8,99
	Apport par les fumures en 25 ans	150,00	225	225
	Exportation annuelle par les cultures	3,87	4,1	4,52
	Exportation par les cultures en 25 ans	96,69	102,6	112,95
	Bilan de 25 ans (S)	+ 53	+ 122	+ 112

T1= gestion extensive des résidus + Fumure minérale - T2= gestion semi-intensive des résidus + Fumure minérale + compost - T3= gestion intensive des résidus + Fumure minérale + fumier.

l'absence de restitution organique, elle s'explique aussi par le labour pratiqué chaque année, ce qui provoque une déprotection de la matière organique et sa minéralisation accélérée (11). L'enfouissement des tiges de maïs et la restitution de compost et de fumier atténuent les pertes en carbone et réduisent les pertes en calcium et magnésium échangeables en raison de la minéralisation de ces substrats organiques et de leurs effets sur les propriétés bio-physico-chimiques du sol (2, 17). Les pertes d'éléments minéraux des sols sont aussi attribuées à l'érosion hydrique entraînant des pertes de terre pouvant atteindre en quatre ans 90 t.ha⁻¹ après un labour annuel (12). En 1995 un sous-solage a été effectué sur l'essai avant d'implanter sur les courbes de niveau, des bandes enherbées d'*Andropogon gayanus* pour lutter contre le ruissellement et l'érosion.

L'homogénéité des rendements pendant les 15 premières années dénote une bonne réponse du sol à la fumure minérale (T1). Pourtant, dans les systèmes de culture de cette zone, Ouattara *et al.* (11) rapportent qu'une telle fumure n'augmente les rendements des cultures que pendant seulement 5 à 6 années. Le phosphate naturel semble prolonger la durée

d'efficacité de la fumure minérale par la réduction de son effet acidifiant (2). De façon générale, le compost et le fumier augmentent les rendements des cultures par l'amélioration des propriétés du sol, notamment la disponibilité en eau et en éléments nutritifs (16, 17). La perte des rendements avec la durée de mise en culture des terres résulte surtout de la dégradation du sol (14) mais aussi des contraintes pluviométriques. L'examen des bilans cultureux a montré que la plupart des exportations minérales, notamment en N, P et S sont compensées par la fumure minérale sans restitution des résidus de récolte (T1) sauf celles en potassium dont les céréales sont fortement consommatrices (13). Seuls, l'enfouissement direct des tiges de maïs et la transformation des tiges de sorgho en compost et fumier associés aux fumures minérales permettent des bilans potassiques positifs. Le compost et le fumier ont amélioré les bilans minéraux grâce aux nutriments apportés par la minéralisation de ces substrats (16). L'amélioration du bilan phosphaté avec l'adjonction du phosphate naturel au cours du compostage (T2) confirme l'efficacité de cette forme d'utilisation de ce substrat par rapport à son application directe au sol (6, 9). Bien que les

bilans culturaux soient positifs, le recyclage des tiges de cotonnier actuellement exportées, pourrait être envisagé pour les améliorer (8). La baisse progressive de la fertilité du sol observée sur tous les traitements confirme des pertes de nutriments au niveau du sol qui nécessiteraient d'être évaluées.

Conclusion

Les résultats de l'étude ont montré une baisse progressive des propriétés chimiques du sol avec la durée de mise en culture du sol quelle que soit la gestion des résidus de récolte. L'application directe au sol du phosphate naturel ou son incorporation lors du compostage permet de valoriser ce substrat local ce qui pourrait ainsi réduire les importations d'engrais minéraux phosphatés par le pays. La fumure minérale associée à l'enfouissement au sol des résidus et à leur recyclage en fumure organique, améliore les rendements et les bilans culturaux en N, P, K et S. La

baisse progressive de la fertilité des sols, nécessite d'envisager d'une part, un recyclage des tiges de cotonnier et, d'autre part, des aménagements anti-érosifs (19). L'étude recommande une gestion intégrée des résidus de récolte et l'utilisation du phosphate naturel pour assurer la durabilité des systèmes de culture coton-céréales en zone cotonnière.

Remerciements

Les auteurs remercient la Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX) pour son appui financier et matériel dans la réalisation de cette étude. Ils remercient vivement tous les chercheurs qui ont contribué à la conception et conduite de l'étude depuis sa mise en place en 1982. Leurs remerciements s'adressent au responsable de la ferme de Boni et à son personnel ainsi qu'aux techniciens du Programme Coton de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (I.N.E.R.A) pour la collecte des données.

Références bibliographiques

- Berger M., Bélem P.C., Dakouo D. & Hien V., 1987, Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. *Cot. Fib. Trop.* **42**, 3: 201-211.
 - Blair N., Faulkner R.D., Till A.R. & Poulton P.R., 2006, Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part I: Brodbalk experiment. *Soil Till Res.* **91**, 1-2: 30-38.
 - Braud M., 1987, La fertilisation d'un système de culture dans les zones cotonnières soudano-sahéliennes. *Supplément Cot Fib Trop, Etudes et synthèse*, 8; 35 p.
 - Cattan P., Letourmy P., Zagrè B., Minougou A. & Compaoré E., 2001, Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso. *Cah. Agric.* **10**, 3, 159-172.
 - Crozier C.R., Walls B., Hardy D.H. & Barnes J.S., 2004, Response of Cotton to P and K Soil Fertility Gradients in North Carolina. *Journal of Cotton Science*, 8, 130-141.
 - Food and Agriculture Organization (FAO), 2004, Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable. *Bulletin Fao, Engrais et nutrition végétale*, 13; 144 p.
 - Girma K., Teal R.K., Freeman K.W., Boman R.K. & Raun W.R., 2007, Cotton lint yield and quality as affected by applications of N, P, and K Fertilizers. *The Journal of Cotton Science*, 11, 12-19.
 - Koulibaly B., Traoré O., Dakouo D. & Zombré P.N., 2009, Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **13**, 1, 103-111.
 - Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z. & Ouandaogo N., 2009, Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. *Tropicultura*, **27**, 1-2, 105-109.
 - Malhi S.S., Lemke R., Wang Z.H. & Baldev S.C., 2006, Tillage, nitrogen and crop residue effects on yield, nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. *Soil Till Res.* **90**, 1-2, 171-183.
 - Ouattara B., Ouattara K., Serpenté G., Mando A., Sédogo M.P. & Bationo A., 2006, Intensity cultivation induced effects on soil organic carbon dynamic in the western cotton area of Burkina Faso. *Nutr Cycl Agroecosyst.* **76**, 331-339.
 - Roose E. & Barthès B., 2006, Soil carbon erosion and its selectivity at plot scale in Tropical Mediterranean regions. *In: Soil erosion and carbon dynamics*. Roose E., Lal R., Feller C., Barthès B., Stewart eds, *Advances in soil sciences*, CRC Press, Boca Raton, Floride, pp. 55-72.
 - Traoré B., 1995, Fertilisation du cotonnier au Mali: complémentarité de trois méthodes de diagnostic agronomique. *In: Interprétation agronomique de données de sol: un outil pour la gestion des sols et le développement agricole*. Séminaire BUNASOLS/INERA/AB-DLO, Ouagadougou, 14-16 mars. AB-DLO Thema's, AB-DLO, Haren, pp. 183-195.
 - Traoré O., Somé NA., Traoré K. & Somda K., 2007, Effect of land use change on some important soil properties in cotton-based farming system in Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **1**, 1, 7-14.
 - Vanlauwe B., Diels J., Sanginga N. & Merckx R., 2005, Long-term integrated soil fertility management in South-western Nigeria: Crop performance and impact on the soil fertility status. *Plant and soil*, **273**, 1-2, 337-354.
 - Velthof G.L., Beuichem van M.L., Rajmakers W.M.F. & Janssen B.H., 1998, Relation between availability indices and plant uptake of nitrogen and phosphorus from organic products. *Plant and soil*; **200**, 215-26.
 - Vullioud P., Mercier E. & Ryser J.P., 2004, Bilan de 40 ans d'essai portant sur différentes fumures organiques (Changrin 1963-2003). *Revue Suisse d'agriculture*, **36**, 2, 43-51.
 - Wei X., Hao M., Shao M. & Gale W.J., 2006, Change in soil properties and availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization. *Soil Till Res.* **91**, 1-2, 120-130.
 - Zougmore R., Ouattara K., Mando A. & Ouattara B., 2004, Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, **15**, 1, 41-48.
- B. Koulibaly, Burkinabé, Ingénieur Agronome, DEA, Ingénieur de Recherche, Chercheur à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Programme coton 01 BP 208, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. Tél : (226) 20 97 21 05/70 23 90 05, Fax : (226) 20 97 01 59; E-mail: bazoumana@hotmail.com
- O. Traoré, Burkinabé, Thèse de doctorat (PhD), Maître de recherche, Chef de Programme coton de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 208, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. E-mail: ouola.traore@coraf.org
- D. Dakouo, Burkinabé, Thèse Doctorat FAST Abidjan, Attaché de Recherche, Directeur adjoint du développement de la production cotonnière de la Société Burkinabé des Fibres Textiles (SOFITEX). BP 147, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. E-mail: ddakouo@yahoo.fr
- P.N. Zombré, Burkinabé, Doctorat d'état, Maître de conférence, Enseignant à l'Unité de formation des sciences de la vie et de la terre (UFR/SVT), Laboratoire de biologie et écologie végétale, Université de Ouagadougou, E-mail: prosper.zombre@univ-ouaga.bf
- D. Bondé, Burkinabé, Ingénieur Agronome, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Institut du Développement Rural (IDR), Département d'agronomie. E-mail: desire06bonde@yahoo.fr

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Prize of the Belgian Development Cooperation

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

From the edition 2010 onwards, the Prize is organized around a central theme. For 2010 this theme was "Biodiversity and Environment for Improved Livelihoods".

The prize consists of a line of credit which can be used for the continuation of research activities or for career development (participation in seminars, training, ...) and amounts per laureate to:

1. EURO 5.000 in the category of the students linked to a Belgian university
2. EURO 5.000 in the category of the students linked to a university from a partner country
3. EURO 15.000 in the category of the young researchers linked to a university/research institute in a partner country

The prize is granted to maximum 3 laureates (1 per category).

In the framework of this year's Prize, the works of 4 Belgians and 6 students and researchers from the South have been nominated among a large number of applications. The nominees from the South were invited to Belgium on this occasion. All nominees had to present their work orally in front of a jury, who then selected one prize-winner in each category.

The prize-winners for 2010 are:

- in the category of the students linked to a Belgian university: Sarah Haesaert, with her Master's thesis "Applied ethnobotany: identification, use and the socio-economic importance of wild edible plants among the Turumbu (Democratic Republic of Congo, Tshopo district)
- in the category of the students linked to a university of a partner country: Joseph Macharia, with his Master's thesis, "Status and the potential of stingless bees (*Apidae: Meliponinae*) for forest conservation and income generation: case study of Kakamega forest"
- in the category of the researchers linked to a university/research institute in a partner country: Mohamed Omar Said Mohamed, with his Ph D thesis « Are peri-urban mangrove forests viable? Effects of sewage pollution and wood exploitation on the structure and development of the mangroves of Mombasa (Kenya)".

Three abstracts regarding the accomplishment of the laureates from Benin, Kenya and Belgium awarded in 2010 are presented below.

“Importance socio-économique et étude de la variabilité écologique, morphologique, génétique et biochimique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin”

The social and Economic Importance of the Baobab (*Adansonia digitata* L.) and a Study of its Ecological, Morphological, Genetic, and Biochemical Variability in Benin

Achille Ephrem Assogbadjo

This doctoral thesis fits into the overall framework of the conservation and sustainable management of Africa's multipurpose woody species. The study is an analysis of the productivity and morphological, ecological, genetic,

and biochemical variability of one of the woody resources found in Benin: the African baobab (*Adansonia digitata*), an idolized, sacred tree whose roots, bark, flowers, fruit pulp, seeds, and leaves are used by the native population. The baobab has many nutritional and therapeutic uses, and is an integral part of traditional agroforestry systems. Baobab products are sold regionally, thus providing income for the local population. The morphological features and biological behavior of the species vary with the tree population and its distribution in Benin's different climatic zones, thus making it possible to establish correlations between environmental parameters and some botanical, physiological, and agricultural features of the baobab. Genetic studies, based primarily on molecular characteristics, show pools of genes grouped according to the region of origin, although variations are greatest within a same group rather than between different tree populations. Some morphological features such as the height of the tree and the number of branches are correlated with the genetic diversity of the individuals examined. The biochemical composition of the tree's organs does not depend on the area in which it grows. Conversely, the physicochemical soil characteristics may significantly affect the mineral, vitamin, carbohydrate, protein and fat content of leaves, pulp and seeds. Proper germination requires that seeds be kept less than three months and be scarified before sowing.

The results of this study form a most useful contribution to the domestication of this woody species and to maintenance of its diversity in its natural environment as well as to the development of new methods of baobab management within traditional agroforestry systems in savanna regions. This research will also help to derive fuller benefits from this species' many properties, thanks to the ethnobotanical information collected from rural communities.

This study may serve as a model of an integrated approach to the management of a multipurpose plant resource, valid for other woody species present in the same habitat as the baobab, and may be extrapolated to other ecologically similar West African countries.

“Status and the Potential of Stingless Bees (Apidae: Meliponinae) for Forest Conservation and Income Generation: Case Study of Kakamega Forest”

Joseph Macharia

As pollinators bees play an invaluable role in protecting biodiversity and in the cultivation of many types of crop. The Kakamega forest, an important habitat for the stingless bee in Kenya, is under threat from human activity (which includes logging for firewood and construction, hunting, etc.). Despite policy measures to protect the forest, these activities continue, not least because the local population has few other means of livelihood.

The main objective of Joseph Kimunge Macharia's study was to show, by means of a case study, how conservation areas can be better managed in collaboration with the local community, based on the economic advantages that conservation gives them. He explains clearly how protecting biodiversity goes hand in hand with poverty alleviation and economic development in rural areas. He examines the conservation status and characteristics of the stingless bee in the Kakamega forest, the composition and antibacterial activity of the honey, and searches for methods that would facilitate the domestication of these bees. He focuses on the medicinal use of their honey, since as yet no international quality standards have been developed for stingless bee honey as a food product. This requires further research into the properties of the honey. In the meantime a honey database has been set up to further the study of the composition of honey produced by Kenya's various types of stingless bee.

Throughout his thesis Macharia makes constant reference to the knowledge and experience of the local community and the possibilities for economic diversification that meliponiculture would offer them. This is vital if sustainable methods of stingless beekeeping are to be developed, for ultimately it is the local community who must be involved in the daily conservation of the forest and the bee.

Macharia's study is not only a significant initiative in potentializing meliponiculture but also contributes to the protection of these insects, which play a crucial part in the pollination of agricultural crops and native plants. And in so doing, it also contributes indirectly to a better conservation of the forest in the studied area.

“Toegepaste etnobotanie: identificatie, gebruik en socio-economisch belang van wilde eetbare planten bij de Turumbu (DR Congo, district Tshopo)”

Applied Ethnobotany: Identification, Use and Socio-Economic Importance of Wild Edible Plants Among the Turumbu (Democratic Republic of Congo, Tshopo District)

Sarah Haesaert

The 1987 Brundtland Commission Report defines ‘sustainable development’ as ‘development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs’. Sustainability addresses the depletion of resources through which prosperity is created both now and in the future. The sustainable use of forest or of fishing grounds means that no more wood or fish can be extracted than are replaced by natural growth.

Sustainable development strives for balance between ecological, economic and social concerns. This project involved a thorough study of the identification, use and socio-economic importance of wild edible plants among the Turumbu in the Democratic Republic of Congo. The main activity of the Turumbu is farming. To provide additional food and income they also collect wild edible plants, mushrooms, caterpillars and honey, and also hunt, fish and breed cattle.

This was a participatory project, which means that the selection of wild edible plants was made together with the community, for it is in the first instance the villagers who know which plants are important to them. Three villages in the Turumbu territory were chosen, sufficiently far apart, consisting of a sufficient number of households and with a community unmixed with other ethnic groups. At the start of the project much effort was made to gain the villagers’ trust and local customs and sensibilities were specifically taken into account. This was achieved by way of closely framed questionnaires that sounded out the family’s socio-economic circumstances and farming activity. Plants were collected using simple means and always with the help of a number of villagers.

Further taxonomic identification and processing of the results were carried out according to ethnobotanical research methodology. The research showed that the relationship between wild edible plants ‘for personal consumption’ and ‘for sale’ not only depends on the village (distance from Kisangani) but also on the household’s total income and whether or not they hunt.

In the context of ‘biodiversity and environment for a better life’ this research has shown that the Turumbu are prepared to domesticate wild edible plants that are in the top ten for auto-consumption and sale. Therefore these plants will no longer be collected on a large scale in the forest. One such economically important plant is the vegetable *Gnetum africanum*. Its overexploitation leads to a rapid degradation of the forest. Its domestication will reduce the pressure on the forest and increase economic possibilities and food security. An important factor here is that only a relatively small acreage is required – finding the right balance remains an important exercise. The experience gained in this project will also be used to devise analogous approaches among other ethnic groups (provisionally still within the area around Kisangani) to whom other plants may be more important. The close collaboration with the local population contributes to the further sustainable development of ethnic groups with respect for their own socio-cultural identity.

Sarah Haesaert, Belgian, 1985, Bio-engineer in Land and Forest Management, Universiteit Gent, Belgium, 2008. sarah_haesaert@hotmail.com

ORGANISATIE

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

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandsonwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijke en informatief tijdschrift "Tropicultura" dat gewijd is aan de plattelandsproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.O.S.) van het Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking en met de steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ze geniet van de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) en wordt ondersteund door de "Commission Universitaire pour le Développement" van de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française (CUD-CIUF)" en van het Universitaire Samenwerkingsorgaan van de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR-UOS).

De v.z.w. Agri-Overseas is samengesteld uit individuele leden en uit de volgende Belgische instellingen: de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW), de "Commission Universitaire pour le Développement" van de "Conseil interuniversitaire de la Communauté Française" (CUD-CIUF), het Universitaire Samenwerkingsorgaan van de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR-UOS), de vier faculteiten Landbouwwetenschappen (Liège/Gembloux, Gent, Leuven en Louvain- La-Neuve), de twee faculteiten Diergeneeskunde (Gent en Liège), het Departement Tropische Diergezondheid van het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen, de Interfacultaire Afdeling Landbouw van de Université Libre de Bruxelles, de Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur), het Departement van Wetenschappen en Beheer van het Leefmilieu van de Université de Liège, de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking

Raad van Beheer

De raad van beheer van de vzw Agri-Overseas is samengesteld uit Professor Dr J. Vercruyse, Voorzitter; Professor Dr Ir. G. Mergeai, Afgevaardigde Beheerder; Dr E. Thys, Secretaris; Professor Dr B. Losson, schatbewaarder; Professor Dr Ir J. Bogaert, vertegenwoordiger van de CUD-CIUF; Ere-Professor Dr S. Geerts, vertegenwoordiger van de KAOW, Professor R. Merckx, vertegenwoordiger van de VLIR-UOS en Ere-Professor Dr Ir. J. Hardouin, lid.

Redactiecomité

Het Redactiecomité van Tropicultura is samengesteld uit Professor Dr Ir G. Mergeai, Hoofdredacteur en Gedelegeerde Redacteurs: Professor Dr Ir J. Deckers, Land en Waterbeheer, Professor Dr J.-P. Dehoux, Dierenproductie en Fauna, Dr De Lame, Sociologie, Ere-Professor F. Malaisse, Bosbouw en Ecologie, Emeritus Professor Dr J.-C. Micha, Visvangst en Visteelt, Professor Dr Ir E. Tollens, Landbouweconomie, Professor Dr Ir P. Van Damme, Landbouwkunde, Professor Dr E. Van Ranst, Bodemkunde, Professor Dr J. Vercruyse en Dr E. Thys, Diergezondheid, en Ir. F. Maes, wetenschappelijke collaborateur. Andere onderwerpen, zoals bv. Economie, Sociologie, ... worden rechtstreeks door het Secretariaat behandeld.

Redactiesekretariaat

Egmonstraat 11, B-1000 Brussel – België
Telefoon : +32.(0)2.540 88 60/61; Fax: +32.(0)2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.tropicultura.org>

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Secretariaat

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

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

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

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

De manuscripten moeten in drie papieren exemplaren per post aan de hoofdredacteur gericht worden ofwel rechtstreeks per e-mail naar het Secretariaat verzonden in de vorm van toegevoegde bestanden.

Zij zullen recto opgesteld zijn, met dubbele spatie (27 lijnen van 60 karakters per bladzijde in DIN A4 formaat) en met een minimale marge van 3,5 cm rond het gedrukte deel. Zij zullen maximum tien bladzijden tekst bevatten (coverblad, samenvattingen en literatuurlijsten niet inbegrepen).

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

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

Slechts medeauteurs die zich schriftelijk akkoord verklaard hebben met het vermelden van hun naam op een manuscript, worden in de eindversie van het artikel in Tropicultura ook expliciet vermeld. De schriftelijke verklaring van de medeauteurs met betrekking tot dit punt kunnen per gewone post of per e-mail naar het Redactiecomité opgestuurd worden. De voorgedrukte instellingen van de auteurs wordt verondersteld wordt verondersteld haar toestemming te hebben gegeven voor elke publicaties in Tropicultura. Agri-Overseas wijst elke verantwoordelijkheid af in deze materie.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Een persoonlijke mededeling wordt in de tekst als volgt vermeld: initialen en naam, persoonlijke mededeling, jaartal). Voorbeeld: (W.R. Allan, persoonlijke mededeling, 1988). Deze referentie wordt niet opgenomen in de literatuurlijst. Voor de referenties zonder auteur wordt in het nummer in de tekst vermeld en in de literatuurlijst: Anonymus (jaartal). Titel. Bron (waar men de gegevens kan terugvinden).

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

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

TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N° 3

Four issues a year (July, August, September)

CONTENTS

EDITORIAL

- Agriculture as A Motor of Pro-Poor Growth : Potentials and Constraints of Conservation Agriculture to Fight Rural Poverty in Sub-Saharan Africa (*in English/in French*)
G. Mergeai 129

ORIGINAL ARTICLES

- Improving Biomass Production in Crops-livestocks Farmers' Villages: Case of Cereals Based Production Systems in Northern Cameroon (*in French*)
I. Nchoutnji, A.L. Dongmo, M. Mbiandoun & P. Dugué 133

- Effects of the Substitution of Groundnut Cake by Conventional Cottonseed Kernel on Broilers Production in Senegal (*in French*)
M.T. Diaw, A. Dieng, G. Mergeai, M. Sy & J-L. Hornick 139

- Seeds' Germination of Four Traditionnal Leafy Vegetables in Benin (LFT) (*in English*)
C.A. Etèka, B.C. Ahohuendo, L.E. Ahoton, S.D. Dabadé & A. Ahanchédé 148

- Microbiological Quality of Kilishi (Traditional Dried Beef) Produced in Ngaoundere, Cameroon (*in French*)
A. Mbawala, B. Daoudou & M.B. Ngassoum 153

- Efficiency of Estrous Synchronization and Artificial Insemination in Azawak Cows: Interest of the Progesterone Profile (*in French*)
H. Marichatou, M. Issa, I. Hamadou, M. Assane & C. Semita 161

- Growth Performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Fed Varying Inclusions of *Leucaena leucocephala* Seed Meal (*in English*)
A.O. Sotolu 168

- The Intake and the *in vivo* Digestibility of *Panicum maximum* Associated with Three Supplements: *Jatophra curcas* Cake, *Gossypium hirsutum* Cake and *Euphorbia heterophylla* (*Euph*) in Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.) (*in French*)
N'G.D.V. Kouakou, E. Thys, E.N. Assidjo & J.-F. Grongnet 173

- Investment in Animal Traction and Improvement of the Profitability of the Cotton Culture in the Central African Republic (*in French*)
E. Mbétid-Bessane 178

- Crops Residues Management Effects on Crops Yields and Mineral Balance in a Cotton- Maize- Sorghum Rotation in Burkina Faso (*in French*)
B. Koulibaly, O. Traoré, D. Dakuo, P.N. Zombré & D. Bondé 184

- DGDC'S ACTIVITIES 190

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