

TROPICULTURA

2006 Vol. 24 N°1

Trimestriel (janvier- février- mars)

Driemaandelijks (januari- februari- maart)

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



Vache comorienne, Les Comores (Mohéli), décembre 2002.
Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.

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

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

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

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO 24,1

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIALES

Le coton africain ou petites leçons de mondialisation...

Het Afrikaans katoen of kleine lessen in mondialisering...

El algodón africano o pequeñas lecciones sobre la mundialización...

G. Mergeai 1

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

The Effect of Three Dietary Crude Protein Levels on Digestibility and Tests Function in Male Pubertal Rabbits

Effet de trois niveaux de protéine brute diététique sur la digestibilité et la fonction de tests chez les lapins mâles en puberté

Effect van drie dieetniveaus ruwe eiwitten op de verteerbaarheid en de testfuncties van mannelijke puberale konijnen

Efecto de tres niveles de proteína bruta dietética sobre la digestibilidad y la prueba de funcionamiento en un conejo macho en pubertad

A.O. Ladokun, G.N. Egbunike, D.O. Adejumo & O.A. Sokunbi 3

Propositions de fermeture saisonnière de la pêche en vue d'une exploitation durable du poisson au lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)

Voorstel tot seizoengebonden sluiting van de visserij voor een duurzame uitbating van de vis in het Ayamé meer (Ivoorkust)

Propuesta de época de veda de la pesca con objetivo de asegurar una explotación sostenible del pez en el lago de Avamé (Costa de Marfil)

M. Ouattara, G. Gourène & A.F. Vanga 7

Les arbres dans les systèmes agraires en zone sahélienne du Niger: mode de gestion, atouts et contraintes

Bomen in de agrarische systemen van de Sahelische klimaatzone van Niger: beleidspraktijken, voordelen- en, remfactoren

Los árboles en los sistemas agrarios de la Zona Saheliana de Niger: modo de gestión, ventajas y limitaciones

M. Larwanou, M. Saadou & S. Hamadou 14

Prédiction de quelques normales agroclimatiques à l'aide de modèles empiriques

Voorspelling van enkele agro klimatische normen met behulp van empirische modellen

Predicción de algunos parámetros agroclimáticas usando modelos empíricos

M. Omoko 19

Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: II. Balance de Fósforo

Bilan d'éléments dans un écosystème agricole de canne à sucre. II. Bilan du phosphore

Balansen van elementen in een agro-ecosysteem van suikerriet: II. Fosforbalans.

D. López-Hernández, D. Sequera & E. Medina 25

The Effects of Land Configuration and Wood-Shavings Mulch on the Properties of a Sandy Loam Soil in Northeast Nigeria. 2. Changes in Physical Properties

Effets de la configuration du terrain et du paillage à la sciure de bois sur les propriétés d'un sol sablo-limoneux dans le nord-est du Nigeria.

2. Changements dans les propriétés physiques

Effect van bodemconfiguratie en van zaagselbedekking op de eigenschappen van een zand- slijm bodem van noordoost Nigeria.

2. Veranderingen in de fysische eigenschappen

Efectos de la configuración del terreno y la cubrición del suelo con aserrín de madera sobre las propiedades de un suelo franco-arenoso

en el noreste de Nigeria. 2. Cambios en las propiedades físicas

A.M. Chiroma, O.A. Folorunso & A.B. Alhassan 33

Influence de la variété, du temps de stockage et du taux de natron sur la cuisson des graines de niébé

Invloed van variëteit, duur van opslag en natrongehalte op de kooktijd van Niebebonen *Vigna unguiculata*

Influencia de la variedad, el tiempo de almacenamiento y la tasa de natrón en la cocción de los granos de caupí *Vigna unguiculata*

A. Balla & M. Baragé 39

Dynamique des populations naturelles de bruches et de leurs parasitoïdes nympho-larvophages en situation expérimentale de stockage de niébé en zone guinéenne

Dinamiek van natuurlijke populaties zaadkevers en de parasietoiden van hun larven- en nimfen in experimentele opslag van Niebe in een Guineese klimaat

Dinámicas de las poblaciones naturales de gorgojos y sus parasitoides ninfa-larvarios en situación experimental de almacenamiento de caupí *Vigna unguiculata* en zona guinea

K. Amevoin, Isabelle A. Glitho, Y. Nuto & J.P. Monge 45

Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal

Invloed van bijvoeding en ontwormen op de melkproductie van Gobra koeien in de Sahelzone van Senegal

Influencia de la complementación alimentaria y la desparasitación interna en el desarrollo económico de la producción lechera del ganado vacuno Gobra en zona saheliana en el Senegal

Mathy Ba Diao, A.A. Fall, C. Sall & O.T. Diaw 51

Le savoir-faire local dans la valorisation alimentaire des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) au Cameroun

De lokale knowhow in de valorisatie van (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) fruit in Kameroen

El saber hacer local en la valorización alimentaria de las uvas del país (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) en el Camerún

G.B. Noumi, A.K. Aboubakar Dandjouma, C. Kapseu & M. Parmentier 58

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD..... 63

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

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

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

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

Le coton africain ou petites leçons de mondialisation ...

Dans une économie mondiale globalisée, la production et la vente de coton constituent un enjeu majeur pour l'avenir d'une partie non négligeable de l'humanité. Ceci est vrai tout particulièrement en Afrique subsaharienne où l'on estime à plus de vingt millions le nombre de personnes qui tirent l'essentiel de leurs ressources de cette spéculation.

Grâce à des efforts immenses consentis tant par le secteur privé, que par le secteur public et par les agences de coopération, ce que l'on a appelé «l'or blanc» est devenu en une trentaine d'années la colonne vertébrale des économies de nombreux pays africains situés principalement à l'ouest et au centre du continent. Sa diffusion s'est accompagnée d'une augmentation sensible des performances des systèmes de production des zones de savanes de ces pays et, suite à la redistribution de revenus qu'elle a permis dans le monde rural, par une amélioration notable des conditions de vie des populations concernées.

Ce succès indéniable dans la lutte contre la pauvreté en Afrique subsaharienne est à présent menacé. Différentes solutions sont proposées pour résoudre cette crise qui toutes relèvent plus ou moins des centres d'intérêt de Tropicultura. Aussi, il nous est apparu opportun d'apporter notre contribution à ce débat d'idées.

Tout d'abord pour mettre en cause la vision simpliste de certains qui considèrent que la fin des subventions payées aux producteurs de coton d'Amérique du nord apportera la solution à tous les problèmes des cotonculteurs africains en permettant une remontée durable des cours de la fibre sur le marché mondial. S'il est indéniable qu'une telle mesure devrait avoir un effet bénéfique à court terme sur la cotation du coton dans les échanges internationaux, il n'est pas du tout certain que cet impact profite essentiellement à l'Afrique du fait de la meilleure compétitivité des agricultures d'autres régions du monde (Brésil, Inde, Chine). Après avoir plus que triplé au début des années quatre-vingt, les rendements en fibre de coton par ha stagnent et ont même tendance à régresser dans de nombreuses zones cotonnières d'Afrique alors qu'ils ne cessent de grimper en Amérique du Sud et en Asie.

Les causes de cet immobilisme africain sont multiples: (i) diminution de l'emploi d'intrants chimiques (engrais et pesticides) à cause de leur indisponibilité liée à une désorganisation des filières cotonnières et de leur prix de plus en plus prohibitifs, (ii) dégradation du potentiel de productivité des sols dans les anciennes zones cotonnières du fait du raccourcissement de la durée des jachères qui constituent encore souvent le principal moyen de reconstitution de la fertilité et (iii) augmentation de la pression parasitaire liée à l'apparition de résistances à certaines familles de pesticides jusque là efficaces pour lutter contre les principaux ravageurs de la culture.

Plutôt que de prôner des solutions relevant du libéralisme orthodoxe qui risquent à terme de se retourner contre ceux qui les ont mises en avant, les décideurs africains devraient sans doute plus chercher de nouvelles modalités d'intervention de l'Etat pour soutenir le développement de leur agriculture. De telles politiques devraient être à la fois économiquement efficaces et équitables mais aussi dépendre le moins possible de l'extérieur.

Une réorganisation des filières cotonnières dans le sens d'une plus grande efficacité du fonctionnement de celles-ci grâce, notamment à l'implication des producteurs de coton dans leur gestion à l'exemple de ce qui a été fait au Burkina Faso, nous semble une voie plus prometteuse que le simple combat pour la levée des subventions et la mise en place de politique de privatisation à tous crins dont plusieurs pays d'Afrique de l'ouest paient à présent les conséquences.

Un investissement massif pour la constitution de véritables réseaux de recherche transnationaux concernant l'amélioration génétique, la protection des cultures, la lutte contre la dégradation de la fertilité des sols et l'amélioration des systèmes de production nous paraît incontournable pour relever le défi de la stagnation des rendements et de l'amélioration de la compétitivité du coton produit en Afrique. Une telle initiative permettrait d'optimiser l'efficacité des maigres ressources disponibles et de mieux valoriser les compétences des chercheurs dispersés sur le continent.

Je conseille à tous ceux que cette thématique cruciale pour le développement de l'Afrique intéresse de lire le numéro spécial de la revue BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement) consacré à la publication des communications présentées le 12 mai 2006 à Gembloux dans le cadre du séminaire international «Le coton dans tous les états».

Prof. Dr Ir Guy Mergeai
Rédacteur en chef
Juin 2006

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

The Effect of Three Dietary Crude Protein Levels on Digestibility and Testis Function in Male Pubertal Rabbits

A.O. Ladokun*, G.N. Egbunike, D.O. Adejumo & O.A. Sokunbi

Keywords: Crude protein- Pubertal rabbits- Growth rate- Digestibility- Testis function- Nigeria

Summary

Six healthy crossbred rabbits (New Zealand white & Chinchilla) were assigned to each of three isocaloric rations viz: treatment A (control) with 20% crude protein on dry matter basis (CP), treatment B with 14% CP and treatment C with 24% CP. The performance parameters considered included dry matter and CP digestibility, feed intake, growth rate, and reproduction parameters like paired testes weight, paired testes volume/density, gonadal sperm reserves and daily sperm production. The results showed that CP digestibility was significantly affected ($P=0.05$) while dry matter digestibility was not significantly affected. Average weight gain was significantly different ($P=0.05$) between treatment B and C but not between B and C and control. There was no significant dietary effect on relative testis weight among treatments but testis volume was significantly enhanced by dietary CP. Daily sperm production and gonadal sperm reserves were significantly enhanced ($P=0.05$) with increasing dietary CP. It is concluded that dietary crude protein significantly enhances the reproduction efficiency of pubertal rabbits.

Résumé

Effet de trois niveaux de protéine brute diététique sur la digestibilité et la fonction de tests dans un lapin mâle en puberté

Six lapins hybrides en bonne santé (Blanc néozélandais et Chinchilla) étaient assignés à chacun des trois rations isocaloriques viz: traitement A (témoin) avec 20% de protéine brute (PB) sur base de la matière sèche de base, B avec 14% de protéine brute et C avec 24% de protéine brute. Les paramètres de performances pris en considération sont: la matière sèche, la digestibilité des protéines brutes, l'ingestion alimentaire, le taux de croissance. Les paramètres de reproduction sont: le poids des paires de testicules, le volume et la densité des paires de testicules, les réserves de sperme dans les gonades et la production quotidienne de sperme. Les résultats indiquent que la digestibilité des protéines brutes était influencée de façon significative. La prise de poids moyen différait d'une façon significative ($P=0,05$) entre le traitement B et C mais pas ceux-ci avec le traitement témoin. Il n'y avait pas d'effet significatif de la ration sur le poids des testicules entre les traitements mais le volume testiculaire augmentait avec les protéines brutes de la ration. La production quotidienne de sperme et les réserves de sperme dans les gonades étaient augmentées d'une façon significative ($P=0,05$) lorsque la digestibilité des protéines brutes augmentait. La recherche conclut que les protéines brutes de la ration augmentent d'une manière significative l'efficacité de la reproduction des lapins juvéniles.

Introduction

Animal protein supply and intake in Nigeria are presently at a very ridiculously low level compared with what obtains in the developed world.

This poor protein supply is as a result of the inferior genetic make up of most of our animals, probably due to non-selection, our harsh environment, and our undeveloped animal husbandry practices while the low intake is based mainly on our cultural beliefs. However, in order to ameliorate this situation immediately, it is essential that animals with very fast and efficient reproductive ability and short generation interval be taken for intensive production. The rabbit

is one of the animals of choice that produces fine-grained low fat containing and delicious meat, and so can serve as a suitable alternative to other types of meat.

The production of rabbit meat is not as demanding as beef, pork, and chicken in terms of feed, land and other requirements. Thus, rabbit meat can help to reduce the protein deficiency in the meals of Nigerians in both the short and long terms and it is known that production per dam is higher than what obtains in other herbivorous farm animals because of its high growth rate.

Animal Physiology Laboratory, Dept. of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

*All correspondence should be addressed to the first author.

Received on 30.03.04. and accepted for publication on 24.02.05.

However, special attention needs to be given to the type of feed provided for the rabbit as this must meet the requirement for energy, proteins, vitamins, minerals, and other micronutrients necessary for normal growth and development. Apart from the increasing cost of feed ingredients in the country, it is worthy to note that reports on crude protein (CP) requirement for rabbits are not consistent. For example while Rao *et al.* (16) had recommended 12-16% CP, Owen (14) and later Kuit (11) suggested between 18 and 22% CP content in rabbit grower diet. It was therefore on the basis of this that we decided to determine the level of dietary CP that would be best for pre-pubertal bucks and their testis function at puberty. As far as rabbits are concerned, it is known that there are many problems associated with their nutrition in the tropics (11). Although there has not been any planned investigation of the effects of dietary CP on the development of puberty in the buck and the subsequent functioning of the testis in the hot humid tropics, that animal reproduction and especially testis function in the boar are highly depressed by the tropical environment is not in doubt even for animals that have become adapted.

For instance, we have shown that gonadal sperm or sperm reserves of boars raised and maintained in Ibadan are 10% of those of their European counterparts (7) while total epididymal sperm was only 1%. Also, in the tropics some of the protein concentrates get infected after improper drying or processing by fungi whose mycotoxins seriously affect spermatogenesis (4). The importance of these in animal production is definitely without doubt considering the development of hard freezing of semen for use in the insemination of females in most species over a long time (10).

Materials and methods

Six healthy crossbred rabbits (New Zealand White & Chinchilla) were assigned to each of three isocaloric rations viz: A with 20% CP and serving as control, B with 14% CP and C with 24% CP on dry matter (DM) basis. The gross composition of the diets is as shown in table 1.

The animals were obtained three to four weeks post weaning (i.e. 9-10 weeks of age) and were placed on a commercial rabbit weaver-grower diet for one week for acclimatization to our environment and management before being assigned to the experimental diets at about 820-900 g live weight. All animals were housed individually in conventional rabbit cages fed and given water *ad libitum* and weighed weekly until they were 18 weeks of age.

Thereafter, feed samples and faecal droppings were collected for the next seven days for digestibility estimation. The droppings were then dried in the oven (80 °C), bulked per animal, ground, and analyzed as the feeds (diets) for DM and CP using (2) AOAC

Table 1
Gross composition of experimental diets (%)

Ingredients	Diets		
	A (control)	B	C
Maize	56.80	68.04	59.14
Groundnut cake	21.65	9.95	17.81
Blood meal	2.50	2.96	4.00
Palm kernel meal	15.00	15.00	15.00
Oyster shell	1.00	1.00	1.00
Bone meal	2.00	2.00	2.00
Premix*	0.25	0.25	0.25
Salt	0.50	0.50	0.50
Methionine	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.10	0.10	0.10
Calculated crude Protein (%)	20.02	14.00	24.00
Determined CP level	20.41	14.30	24.02
Calculated metabolizable Energy (kcal/kg)	2900	2900	2900

*Premix supplies 1.43 N/kg

methods. Apparent digestibility coefficients were calculated from the resultant values.

For testicular function, all the animals were sacrificed at 19 weeks of age. The testes were dissected free of all adhering fat and connective tissue and processed for the determination of maximum daily sperm production (DSP) from two slides per testis by quantitative testicular histology (6) while known weight of the testis were homogenized in phosphate-buffered saline and used for the estimation of gonadal sperm reserves which were then divided by 3.43 days (1) to obtain sperm production. From the processed slides the kinetics of spermatogenesis were studied by determining the relative frequencies of the occurrence of the stages of the cycle of seminiferous epithelium as per earlier studies (5). All data obtained were then subjected to one-way analysis of variance by the method of Dunn and Clark (3).

Results and discussion

The DM and CP digestibility estimates of the diets are given in table 2.

Table 2
Dry matter and crude protein digestibility estimates of the experimental diets by rabbits (means \pm sem)

Parameters	Diets		
	A (control)	B	C
Dry matter digestibility	71.36 \pm 0.02	72.56 \pm 0.01	71.75 \pm 0.01
Crude protein digestibility	62.72 \pm 0.01 ^a	68.72 \pm 0.02 ^b	69.98 \pm 0.01 ^b

ab: values differently superscripted differ significantly (P < 0.05)
sem: standard error of mean.

Only CP digestibility was significantly ($P= 0.05$) affected by diets with diet A being less digestible than the others suggesting no relationship between DM and CP digestibility as reported by Fekeke and Gippest (8).

Performance characteristics (Table 3) show that the initial live weight and daily feed intake did not vary with CP level unlike average daily gain (ADG) final live weight, feed efficiency, and feed conversion ratio (FCR).

Table 3
Performance characteristics of rabbits fed diets with different crude protein levels (mean \pm sem)

Parameters	Diets		
	A (control)	B	C
Initial live weight (g)	857 \pm 29	848 \pm 48	861 \pm 34
Daily feed intake (g)	66 \pm 1	65 \pm 3	65 \pm 2
Average daily gain (g)	1.57 \pm 1 ^a	8 \pm 3	14 \pm 3 ^c
Final live weight (kg)	1.57 \pm 0.07 ^a	1.34 \pm 0.02 ^b	1.78 \pm 0.03 ^b
Feed efficiency	3.92 ^a	5.36 ^b	2.96 ^b
Feed conversion ratio	1: 0.26 ^a	1: 0.19 ^b	1: 0.34 ^a

abc: values differently superscripted differs significantly ($P < 0.05$).

The changes in the live weight of the rabbits on the different diets are shown in figure 1. While animals in treatment C were heavier than the others at the end of the study, indicating enhanced growth rate, ADG was poorest at 14% CP followed by 20% and 24% CP. This may be a reflection of the CP digestibility, which varies with the protein concentration in the diet (13).

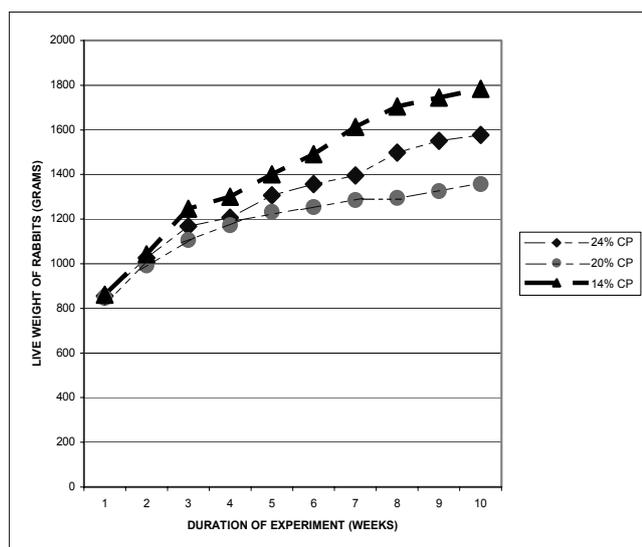


Figure 1: Changes in the live weight of rabbits on three dietary crude protein levels (mean \pm sem).

That feed efficiency and FCR were poorer with 14% CP than the other is a suggestion that rabbit could not convert the nutrients at this CP level probably because of an imbalance of calorie/protein even though (9) claimed that at any protein level, additional

energy improves nitrogen balance up to a plateau. The results thus confirm that pre-pubertal male rabbits will do best on diet with 20-24% CP.

The results of testis function are summarized in table 4.

Table 4
Testis function in pubertal rabbits on three dietary crude protein levels (mean \pm sem)

Parameters	Dietary CP (%)		
	20	14	24
Paired testes weight (g)	3.50 \pm 0.07 ^a	2.90 \pm 0.06 ^b	3.16 \pm 0.09 ^a
Paired testes weight (%)	0.23 \pm 0.01	0.12 \pm 0.01	0.20 \pm 0.02
Testis density (g/ml)	1.16 \pm 0.02 ^a	1.40 \pm 0.03 ^b	1.21 \pm 0.03 ^a
Gonadal sperm reserve (x 10 ⁸)	0.62 \pm 0.03 ^a	0.04 \pm 0.01 ^b	0.75 \pm 0.05 ^a
Daily sperm production (x 10 ⁸)			
(a) Testicular histology	0.02 \pm 0.001 ^a	0.01 \pm 0.004 ^b	0.02 \pm 0.002 ^a
(b) Testis homogenate	0.18 \pm 0.004 ^a	0.12 \pm 0.004 ^b	0.22 \pm 0.007 ^a

ab: Values with different superscript differ significantly ($P= 0.05$) along the same row.

Absolute but not relative paired testes weight was drastically ($P= 0.05$) depressed in rabbits on 14% CP ration while testis density increased compared to the others. This is an indication that the testis in the animals on the 14% CP diets were shrunken and had narrower seminiferous tubules. In the same light, gonadal sperm reserves with the maximum daily sperm production potential therefrom and that from the quantitative testicular histology were depressed ($P= 0.05$) by the 14% CP diet. It is worthy to note that the sperm production from histology was 8-11% of that from the testicular sperm reserves, an indication that these pubertal rabbits were still to attain the adult testicular histology as suggested by Egbunike (5) especially as regards the volumetric proportion of spermatids with round nuclei on which the sperm production by histology is based.

Table 5 shows the variations in the kinetics of spermatogenesis of the rabbits with three dietary CP levels.

Table 5
The variation of the cycle of the seminiferous epithelium of pubertal rabbits on three dietary crude protein levels (mean \pm sem)

Cycle stage	Dietary CP (%)		
	20	14	24
I	26.13 \pm 1.17	26.13 \pm 1.16	25.87 \pm 1.01
II	15.68 \pm 0.92	16.30 \pm 0.89	18.51 \pm 1.02
III	10.11 \pm 0.43	9.63 \pm 0.47	10.07 \pm 0.04
IV	13.23 \pm 0.64	11.95 \pm 0.93	14.40 \pm 0.33
V	6.23 \pm 1.13	6.59 \pm 0.81	7.43 \pm 0.19
VI	14.60 \pm 0.48	14.96 \pm 0.04	14.05 \pm 0.03
VII	8.96 \pm 0.83	7.89 \pm 0.00	6.09 \pm 0.06
VIII	4.83 \pm 1.38	4.55 \pm 0.69	3.92 \pm 0.42

The three diets seem to follow a similar pattern except that those on 24% CP diet showed tendencies for increased incidence of stages II, IV and V of the cycle of seminiferous epithelium. This indicates a slight elevation in the frequencies of spermatid nuclear elongation and the maturation divisions of the spermatocytes as outlined by Swierstra and Foote (17) in these animals.

The results therefore indicate that pre-pubertal male rabbits require diets with 20-24% CP for proper development in the humid tropics in confirmation of the findings of Ladokun (12). However, they also show, judging from the significant differences between the DSP determined by the two methods that these rabbits were yet to reach the age at which they could be used for successful mating of does.

Conclusions

From the results obtained in this experiment the following conclusions can be made on dietary crude protein and performance on male rabbits at puberty.

The dietary CP level of feed does not significantly enhance feed intake. Average body weight and weight gain were significantly enhanced ($P= 0.05$) by increase in dietary CP level. DM digestibility is not significantly affected but CP digestibility is significantly affected ($P= 0.05$).

Gonadal sperm reserves, daily sperm production, and paired testes weight were significantly ($P= 0.05$) influenced by dietary CP.

The dietary CP level significantly ($P= 0.05$) increased the volume percent of the round spermatid nuclei of the testes.

Thus, it can be concluded that pre-pubertal rabbits on 20-24% CP in the diet have the potential to perform better at puberty and should be selected for mating at adulthood.

Literature

1. Aman R.P. & Lambiase Jr. J.T., 1969, The male rabbit III. Determination of daily sperm production by means of testicular homogenates. *J. of Ani. Sci.* 28, 369-374.
2. A.O.A.C., 1984, Official Methods of Analysis. 12th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
3. Dunn O.J. & Clark V.A., 1972, Applied statistics: analysis of variance and regression. Wiley, New York.
4. Egbunike G.N., 1979, The relative importance of dry-and wet-bulb temperatures in the thermoregulatory function in the chicken. *Zentralblatt für Veterinärmedizin A*, 26, 573-579.
5. Egbunike G.N., 1981, Testis characteristics of pubertal Large White boars reared in a humid tropical environment. *Andrologia*, 13, 184-290.
6. Egbunike G.N. & Steinbach J., 1979, Seasonal variations in the sperm production rates of boars in a humid tropical environment. *Nig. J. Agric. Sci.* 1, 21-26.
7. Egbunike G.N., Holtz W., Endell W. & Smith D., 1975, Reproductive capacity of German Landrace boars. I. Gonadal and extragonadal sperm reserves. *Züchthygiene*, 10, 184-187.
8. Fekeke S. & Gippert T., 1985, Effect of crude fibre on protein utilisation. *J. Appl. Rabbit Res.* 8, 1, 31-36.
9. Friedman M. & Gumbmann M.R., 1985, Nutritional improvement of legume proteins through disulfide exchange. *J. Agric. & Food Chemistry*, 44, 357-389.
10. Irritani A., 1998, Application of biotechnology for reproductive manipulation. Proc. 8th World Conference on Animal Production, Seoul: Special symposium and plenary sessions, pp. 353-363.
11. Kuit A.R., 1987, Rabbit production and development in the Netherlands. *Journal of Applied Rabbit Research*, 10, 4, 169-170.
12. Ladokun A.O., 1997, Effect of dietary crude protein level on performance and sperm production in male pubertal rabbits. M.Sc. Thesis. Dept. of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan.
13. McDonald P, Edwards R.A. & Greenhalgh J.F.D., 1994, Animal nutrition. 4th edition. Longman scientific and technical publications. England, 260-283.
14. Omole T.A., 1982, Effect of level of dietary protein on growth and reproductive performance in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 5, 54-60.
15. Owen J.E., 1981, Rabbit meat for developing countries. *World Animal Review*, 39, 2-11
16. Rao D.R., Sunki G.R., Johnson W.M. & Chen C.P., 1977, Postnatal growth of New Zealand White Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J. Anim. Sci.* 44, 6, 1021-1025.
17. Swierstra E.E. & Foote R.H., 1963, Cytology and kinetics of spermatogenesis in the rabbit. *Journal of Reproduction and Fertility*, 5, 309-322.

A.O. Ladokun, B.Sc, M.Sc, Ph.D, Lecturer, Research Scientist, Animal Physiology Laboratory, Dept. of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

G.N. Egbunike, Nigerian, B.Sc, Ph.D, Professor, Dept. of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

D.O. Adejumo, Nigerian, B.Sc, M.Sc, Ph.D, Senior Lecturer, Fisheries and wild life resources, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

O.A. Sokunbi, Nigerian, B.Sc in Animal Science, M.Sc in Animal Physiology, Ph.D (in view), Lecturer II in Animal Physiology, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

Propositions de fermeture saisonnière de la pêche en vue d'une exploitation durable du poisson au lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire)

M. Ouattara¹, G. Gourène¹ & A.F. Vanga¹

Keywords: Rational management- Ayamé man-made lake- Fishing prohibition- Sexual maturation- *Sarotherodon melanotheron*- Ivory Coast

Résumé

L'exploitation de 10 principales espèces commerciales de poissons au lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire) a été discutée et leur cycle de reproduction analysé.

*Deux propositions de gestion rationnelle des stocks de poissons, fondées sur la protection des saisons de reproduction des espèces majeures composant la pêche commerciale et surtout du tilapia *Sarotherodon melanotheron* ont été élaborées. Cette dernière espèce constitue à elle seule, plus de 50% de la biomasse débarquée.*

*La première proposition consiste en la fermeture du lac pendant trois mois de mars à mai, période correspondant à la fois au pic de maturation gonadique de *Sarotherodon melanotheron* et à l'activité maximale de pêche dans le lac. La seconde approche qui tient compte à la fois de la période de reproduction la plus favorable du poisson de référence et de la morphologie du lac en deux compartiments, est une fermeture par alternance dans l'année d'une des deux poches du lac.*

Summary

A Fishery Closing Proposal in Ayamé's Dam in Order to a Rational Management (Ivory Coast)

*The exploitation of 10 main commercial fish species of Ayamé man-made lake, Ivory Coast, is discussed and their reproductive cycles are analyzed. Two proposals are made for rational stock management, based on the protection of the breeding seasons of the major species, particularly *Sarotherodon melanotheron*, which forms more than 50% of the landed biomass. The first proposal is to declare a three-month universal closed season from March to May, coinciding with the sexual maturation peak of *Sarotherodon melanotheron* as well as with a period of intense fishing activity. The second proposal, which takes into account the lake's two-compartment morphology, and the duration of the breeding season of *Sarotherodon melanotheron*, is to proclaim alternating closed seasons in the two compartments throughout that three-months breeding season.*

Introduction

La pêche, l'une des plus anciennes activités qui ont permis à l'homme de subsister, demeure une source appréciable d'approvisionnement en protéines, notamment au niveau des barrages hydroélectriques. Ces derniers permettent par ailleurs de créer un nombre important d'emplois dans la transformation et la commercialisation du poisson (14) et constituent de grands moyens de subsistance pour les populations riveraines. Cependant, les ressources aquatiques continentales en particulier, sont affectées par les activités humaines résultant de constructions, de modifications ou de destructions d'habitats, des écosystèmes et par diverses sources de surexploitation (16). De même, «une pêche trop intensive entraîne une moindre durée de vie du poisson, une taille réduite des individus débarqués, une diminution de l'abondance, des rendements, de la rentabilité des opérations de pêche et souvent, une modification de la composition des captures au profit d'espèces moins prisées» (8). La situation décrite s'applique bien au lac d'Ayamé. En effet, plusieurs publications font état de la surexploitation des stocks de poissons de ce lac. Ainsi, l'effort de pêche était estimé à 11,35 pêcheurs/

km² (12). Une décennie plus tard, la densité de pêcheurs/km² sur le lac tombait à 6,22 (14) alors que les recommandations de la FAO (3) suggèrent un optimum de 2 pêcheurs au km². Une chute drastique du nombre de pêcheurs consécutive à la baisse des prises de poissons et des revenus liés à l'activité a été récemment enregistrée (27). La dégradation continue de la situation s'est terminée par un conflit entre les riverains et les pêcheurs (essentiellement étrangers) autochtones suite à une rupture du consensus et de l'équilibre social (26).

Malgré toutes ces informations, aucun plan de gestion rationnel n'a encore été formulé pour le lac d'Ayamé. En conséquence, le présent travail, après une présentation de l'exploitation des principales espèces commerciales du lac d'Ayamé et de l'analyse de leur période de reproduction, propose une approche de gestion rationnelle fondée sur la protection des stocks de géniteurs en période de reproduction.

Milieu d'étude

La rivière Bia prend sa source au Ghana. Après un parcours de 300 km dans le sud-est de la Côte d'Ivoire,

¹ Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Université d'Abobo-Adjamé 02, BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire. E-mail: ouattara_bognan@hotmail.com, tél. 22505091406

Reçu le 28.07.04. et accepté pour publication le 07.03.05.

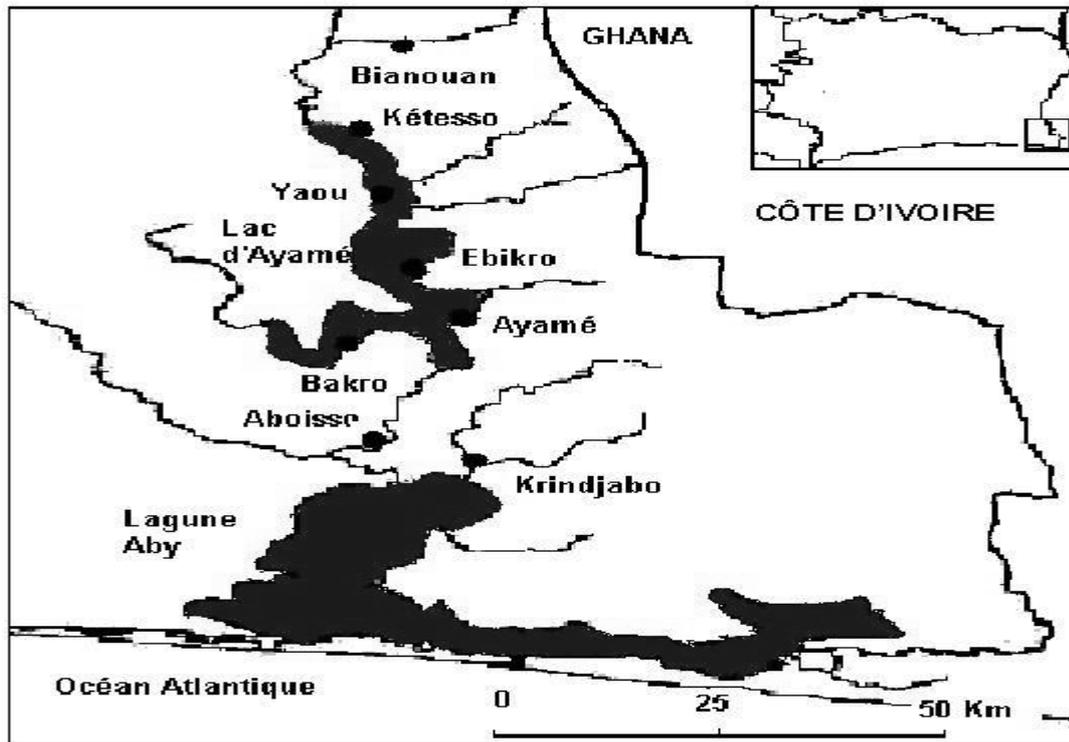


Figure 1: Morphologie du lac d'Ayamé montrant 5 stations d'échantillonnage.

elle se jette dans la lagune Aby sur la côte de l'Océan Atlantique. Son bassin versant couvre une superficie de 9730 km². C'est sur le cours de cette rivière, à proximité de la ville d'Ayamé, qu'a été construit le plus ancien barrage hydroélectrique (Ayamé I) du pays en 1959, donnant un lac artificiel de 90 km² de superficie. Sa morphologie consiste en deux compartiments: une section principale, de direction nord-sud, allant de Ebikro à Kétesso et une autre, dirigée vers l'ouest à Bakro (Figure 1).

Matériel et méthodes

L'échantillonnage des espèces de poissons d'intérêt économique s'est déroulé sur les cinq stations du lac (Bakro, Ayamé, Ebikro, Yaou et Ketesso) pendant deux cycles annuels consécutifs d'observations mensuelles d'août 1995 à juillet 1997. Deux batteries de filets maillants de mailles allant de 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 et 50 mm nœud à nœud, de 240 m de longueur et de 1,5 m hauteur de chute pour chacun ont essentiellement été utilisées à cet effet. Pour augmenter les échantillons, des poissons ont été achetés aux pêcheurs des sites étudiés. Les poissons capturés ont été identifiés selon les clés définies par divers auteurs (9, 17, 18), mesurés au millimètre (mm) près et pesés au gramme près. Le poids des gonades femelles, de même que le poids corporel éviscéré (pour éviter les biais dus aux contenus stomacaux) correspondant ont été enregistrés en vue de déterminer le rapport gonado-somatique (RGS). Les pourcentages des stades les plus avancés de la maturité des gonades, stades 3 et 4 (7) et le RGS moyen ont été couplés afin de préciser la période principale de reproduction de chaque espèce.

Résultats

Données sur la production des pêches

La production de poisson au cours de l'année 1996 s'élève à 1.060,9 tonnes de poissons pêchés au lac de barrage d'Ayamé soit environ 118 kg. ha⁻¹. Par ailleurs, cette production présente des variations mensuelles en liaison avec la saison et en particulier avec la pluviométrie de la région pour la même année (Figure 2).

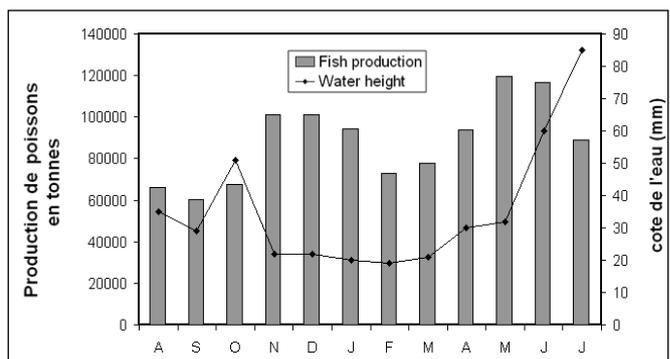


Figure 2: Relation entre la pêche commerciale et le niveau de l'eau de la rivière Bia.

Deux périodes de prises élevées sont observées: l'une située entre les mois de mai et de juin et l'autre, entre novembre et janvier. A la première période citée correspond un accroissement de la pluviométrie et à la seconde, le niveau le plus bas de ce même paramètre. La répartition des captures par station dans le lac n'est pas homogène. La biomasse débarquée à la station d'Ayamé avoisine 500.000 kg de poissons/an, alors qu'elle se situe entre 100.000 et 200.000 kg dans les quatre autres stations.

Les Cichlidae constituent 55% des captures (Figure 3). Ensuite, viennent dans l'ordre décroissant, les Claroteidae (16%), le groupe des Characidae, Mormyridae et Clariidae (10%), les Osteoglossidae (5%) et diverses espèces de moindre importance numérique (Hepsetidae, Schilbeidae, Mochokidae...).

Par ailleurs, les enquêtes menées indiquent qu'environ 90% des poissons débarqués sont commercialisés dans la région du lac contre 10% acheminés sur les marchés des villes avoisinantes d'Abidjan et d'Abengourou.

Cycle saisonnier de reproduction des principales espèces composant la pêche commerciale

Un cycle saisonnier de reproduction apparaît nettement chez *Synodontis schall* (Figure 4a).

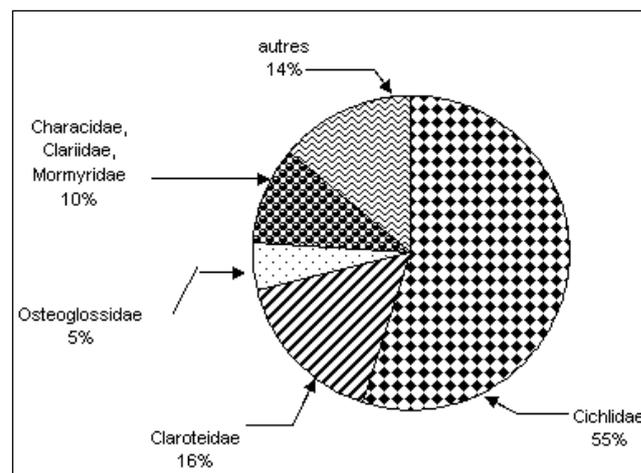
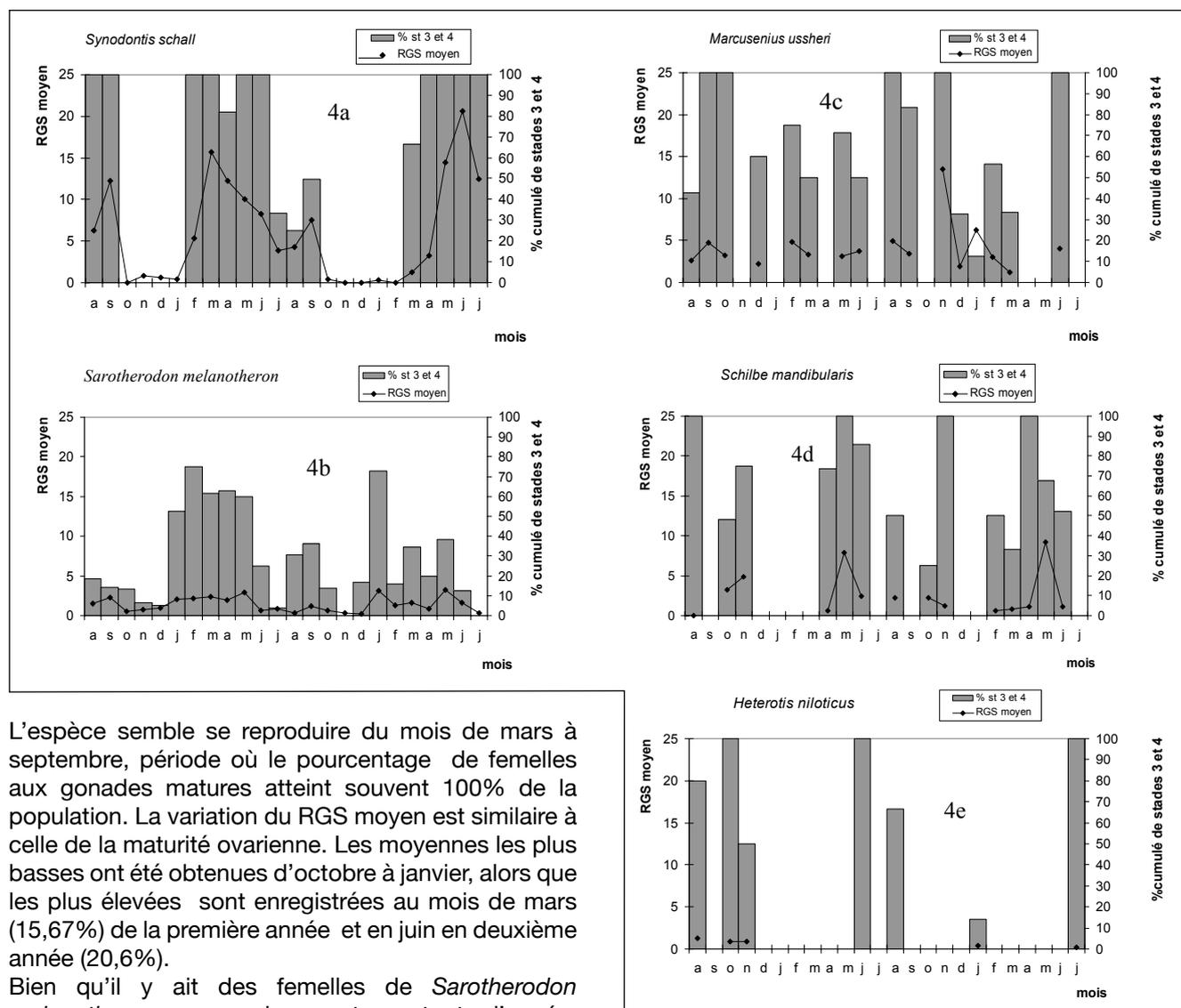


Figure 3: Composition par famille de la pêche commerciale provenant du lake d'Ayamé.



L'espèce semble se reproduire du mois de mars à septembre, période où le pourcentage de femelles aux gonades matures atteint souvent 100% de la population. La variation du RGS moyen est similaire à celle de la maturité ovarienne. Les moyennes les plus basses ont été obtenues d'octobre à janvier, alors que les plus élevées sont enregistrées au mois de mars (15,67%) de la première année et en juin en deuxième année (20,6%).

Bien qu'il y ait des femelles de *Sarotherodon melanotheron* aux ovaires matures toute l'année, une activité reproductrice à caractère fortement saisonnier apparaît avec un maximum qui part de janvier à juin (Figure 4b). Durant cette période, au moins 60% des femelles présentent des ovaires de stades

Figure 4: Pourcentage de femelles portant des gonades matures et rapport gonado-somatique (RGS) mensuels de août 1995 à juillet 1997 (a= *Synodontis schall*; b= *Sarotherodon melanotheron*; c= *Marcusenius ussheri*; d= *Schilbe mandibularis*; e= *Heterotis niloticus*).

3 ou 4 au cours du premier cycle de pêche. Cette proportion diminue légèrement pendant la seconde année. L'évolution du RGS moyen suit étroitement celle du pourcentage des ovaires matures.

Heterotis niloticus (Figure 4c) a été pêché à des périodes très limitées aux cours des deux cycles annuels mais en grandes quantités. Les ovaires matures de l'espèce ont été observés en août, octobre, novembre et juin au cours de la première année. La seconde année, ils n'ont été rencontrés qu'en août, janvier et juillet. Les valeurs les plus élevées du RGS se situent en août, octobre et novembre en première année. Il n'apparaît pas dans le cas de *Heterotis niloticus* un schéma clair de cycle saisonnier de reproduction.

Des femelles matures de *Marcusenius ussheri* (Figure 4d) sont présentes dans la majeure partie des deux années et un prototype de cycle de reproduction apparaît en août-septembre puis en février-mars. Les valeurs les plus élevées du RGS se rencontrent en septembre, février (année I) et en novembre de la seconde année.

Au cours du premier cycle de pêche les femelles matures de *Schilbe mandibularis* (Figure 4e) ont été pêchées en août, octobre et novembre et dans la période allant d'avril à juin. On les retrouve toutes la seconde année sauf en septembre, décembre, janvier et juillet. Le pic de RGS se situe en mai pour les deux années, le cycle de reproduction apparaissant d'octobre à novembre et d'avril à juin.

Chez *Mormyrops anguilloides* (Figure 5a), les stades avancés de l'ovogenèse, se rencontrent tout au long des deux années en alternance avec des mois où ces stades ne sont pas relevés dans les échantillons. Les valeurs maximales du RGS ont été enregistrées en août, janvier, février et avril en première année pendant qu'ils apparaissent en décembre et mai en deuxième année.

Dans le cas de *Marcusenius furcidens*, la période commune aux deux années de pêche de femelles matures se situe en mai, juin et juillet. Au cours de la première, le pic de RGS est noté en juin (6,7%) ce qui est également le cas lors de la seconde année (10%) en juin.

Chez *Brycinus macrolepidotus*, un cycle saisonnier net apparaît pendant les mois de mars à mai, bien que quelques femelles en maturation avancée soient présentes à diverses autres périodes de l'année, notamment en août, septembre et janvier au cours de la première année et août, novembre, janvier et février lors de la seconde année. La valeur la plus élevée de l'indice gonado-somatique moyen se situe en septembre de la première année et en avril pour la seconde année.

Des femelles de *Heterobranchus isopterus* en ovogenèse avancée sont présentes dans le lac de façon épisodique mais la saison de reproduction de l'espèce semble se situer de février à mai. Les pics de

maturation gonadique enregistrés en première année se situent en février (30,7%) et en mai (20,8%). Au cours de la seconde année le pic est enregistré en mai (15,5%).

Le genre *Chrysichthys* en particulier l'espèce *Chrysichthys nigrodigitatus* est présent dans les pêches toute l'année mais le cycle de reproduction n'a pas été suivi.

Discussion

La plupart des espèces de poissons d'eau douce de la zone intertropicale arrivent à maturité puis pondent au moment de la montée des eaux qui suit le début de la saison des pluies (19). De même, dans les rivières africaines, les crues sont les facteurs déterminants dans la biologie des poissons (28). L'analyse des résultats relatifs à la maturation ovarienne et le rapport gonado-somatique des espèces prélevées dans le lac d'Ayamé s'insère bien dans ce schéma. *Synodontis schall* est un bon exemple de cette situation. Dans le lac, cette espèce présente un maximum de reproduction en mai-juin avec un pic secondaire en septembre. Dans les zones de savane de la plupart des rivières de Côte d'Ivoire, l'activité reproductrice de l'espèce, passe également par un maximum en juin (1). Une étude similaire menée dans le Nil (10) montre que l'espèce se reproduit aussi au moment de la crue (de juillet à septembre). Cependant, chaque espèce réagit aux facteurs de l'environnement selon ses besoins écologiques, sa stratégie de reproduction, et au sein de celle-ci, selon les différentes tactiques qu'elle est susceptible de développer (2). Qui plus est, les facteurs tels que la pluie et la crue des fleuves sont en fait à la fois la conséquence et surtout la cause de nombreux autres événements, sans que l'on sache précisément quels sont ceux qui influencent ou induisent la ponte (13).

A l'opposé, chez certains groupes comme les Cichlidés, l'activité sexuelle (ovogenèse et ponte) se déroule toute l'année, avec des fréquences différentes chaque mois (15). Tel est le cas de *Sarotherodon melanotheron* chez lequel la période allant de janvier à mai semble la plus favorable à la reproduction de l'espèce. Nos résultats à ce niveau sont conformes à ceux observés chez la même espèce (11). La reproduction de *Heterotis niloticus* présente des pics d'activité sexuelle en août, octobre et novembre dans le lac (en forêt), mais les captures au cours des autres périodes sont très réduites. La reproduction de *H. niloticus* a lieu pendant la montée des eaux, de juillet à septembre dans le delta central du Niger, pays sahélien (4). Ce dernier point est confirmé par l'existence d'une corrélation certaine entre la reproduction de *Heterotis niloticus* et la saison des pluies provoquant les fortes crues et l'inondation des zones de reproduction de l'espèce (20). Pour l'auteur, *H. niloticus* se reproduit une seule fois dans l'année. L'étendue de la période de reproduction de *Heterobranchus isopterus* n'est pas cernée en totalité.

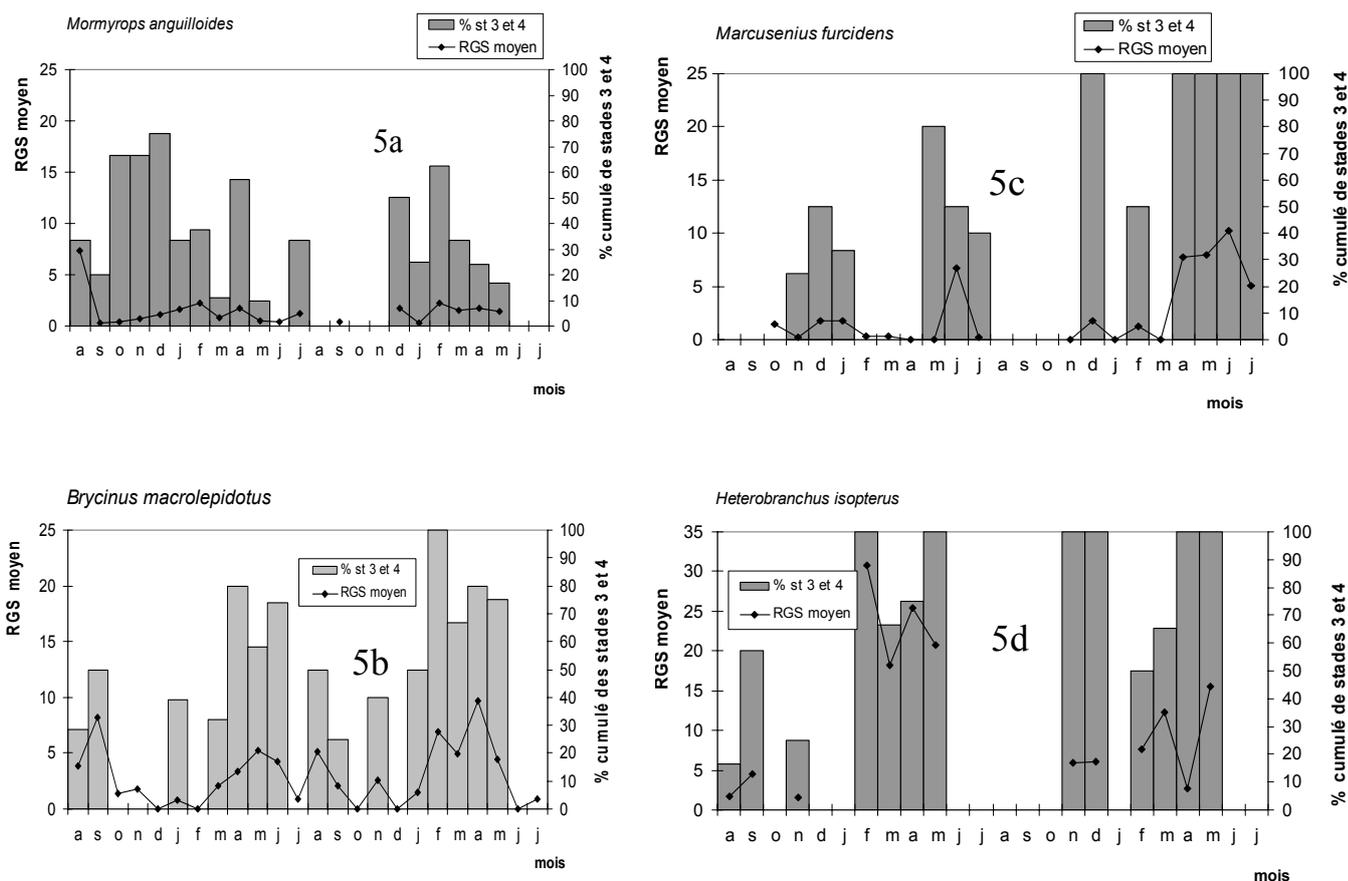


Figure 5 : Pourcentage de femelles portant des gonades matures et rapport gonado-somatique (RGS) mensuels de août 1995 à juillet 1997 (a= *Mormyrops anguilloides*; b= *Marcusenius furcidens*; c= *Brycinus macrolepidotus*; d= *Heterobranchus isoapterus*).

Cependant, à la lumière des résultats exposés, les mois de février à mai représentent des périodes d'intense activité gonadique de l'espèce.

La période majeure de reproduction de *Brycinus macrolepidotus* recouvre les mois de mars, avril et mai, mais des individus matures se retrouvent à de nombreuses autres périodes de l'année. En dépit d'une certaine irrégularité dans les captures, nos résultats ne sont pas en contradiction avec les observations de divers auteurs pour qui *Brycinus macrolepidotus* (synonyme: *Alestes macrolepidotus*) se reproduit toute l'année dans la plupart des bassins de Côte d'Ivoire (23).

Concernant *Marcusenius furcidens*, l'activité reproductrice maximale a été notée dans la période de mai à juillet. Des cas isolés de femelles en reproduction se rencontrent en d'autres mois, mais nos résultats corroborent diverses observations portant sur la même espèce (1).

Pour *Mormyrops anguilloides*, la reproduction a lieu préférentiellement entre les mois de janvier et février, période qui correspond à la saison sèche. Cependant, des cas ponctuels de reproduction sont observés tout au long de l'année et des individus matures sont régulièrement présents. Pour certains auteurs, l'espèce se reproduit entre les mois de mars et juillet (24). La divergence avec nos observations pourrait

être attribué au faible niveau d'échantillonnage de ces auteurs (18 spécimens).

Les femelles de *Marcusenius ussheri* en reproduction se rencontrent également à différentes périodes de l'année. Une observation similaire indique que la période de reproduction de l'espèce s'étale d'avril à octobre dans les rivières de Côte d'Ivoire, c'est-à-dire pendant toute l'année à l'exception de la pleine saison sèche (1).

Dans le genre *Chrysichthys* et en particulier *Chrysichthys nigrodigitatus*, la reproduction fait actuellement l'objet d'un grand intérêt en raison du potentiel aquacole de cette espèce. Ainsi, des travaux montrent que l'espèce se reproduit entre les mois d'août et septembre (6) ou d'octobre à décembre (22). En prenant en compte le niveau élevé de la pêche dans le lac comme indiqué plus haut, l'activité intense de pêche coïncidant avec la période de reproduction des principaux poissons d'intérêt commercial, on peut affirmer qu'il y a manifestement une exploitation excessive de la faune ichtyologique des plans d'eau du lac. Des dispositions urgentes et idoines, relatives à la gestion rationnelle des stocks de poissons, s'imposent. En effet, le profit social et économique, c'est-à-dire les bénéfices tirés de la surexploitation sont inférieurs à ceux tirés d'une exploitation rationnelle (21).

En accord avec les acteurs de la filière, plusieurs modalités de gestion sont envisageables. Une des approches consiste à fermer la pêche sur toute l'étendue du lac du mois de mars à mai. Cette période présenterait l'avantage de couvrir les points culminants de maturation gonadique du tilapia *Sarotherodon melanotheron*, mais également d'une grande partie des espèces concernées qui représentent l'essentiel du peuplement naturel et particulièrement de sa fraction exploitée. Les mois de mai et juin constituent par ailleurs un des moments les plus importants de prélèvement de poissons par la pêche. En d'autres termes, la pêche commerciale soustrait des plans d'eau et à cette période, des géniteurs en pleine activité reproductrice, ce qui peut constituer une grave menace pour le renouvellement des stocks. La mesure de fermeture du lac à cette période, aurait donc pour avantage de protéger les géniteurs en activité.

En tenant compte de la même période, on peut envisager la fermeture partielle du lac. La configuration de celui-ci en deux compartiments, semble bien s'y prêter. Il serait ainsi possible d'interdire alternativement toute activité de pêche dans un des compartiments pendant une période donnée tout en l'autorisant dans l'autre compartiment. Ceci suppose un consentement mutuel entre pêcheurs des deux parties du lac pour une activité commune dans le compartiment ouvert à la pêche.

Une telle expérience de fermeture par alternance menée dans le lac Kariba au Zimbabwe a conduit à des conclusions assez satisfaisantes (25). En effet, la taille commerciale des espèces a augmenté dans les endroits interdits à la pêche, tandis qu'elle subissait une nette régression dans les zones ouvertes à cette même activité.

Dans cette seconde possibilité, on pourrait augmenter d'un mois la période de fermeture choisie. Une telle extension de fermeture de la pêche a été testée avec succès à Chypre dans la Méditerranée. Les résultats enregistrés en terme de rendements et d'économie ont été spectaculaires (8). Une des raisons de l'augmentation des rendements viendrait de la protection des jeunes poissons qui par le passé étaient pêchés de manière intensive durant la période très critique qui correspond à leur arrivée sur les fonds de pêche (5).

Conclusion

Les propositions avancées, pour être efficaces, devront s'insérer dans un ensemble plus vaste de mesures intégrées prenant en compte non seulement l'évaluation des stocks, les taux de croissance et de mortalité des espèces, mais également l'assentiment des acteurs de la filière. La mise en place d'une brigade de surveillance, l'interdiction de l'usage de sennes de rivage, de filets de mailles inférieures à 10 mm devront également y être associées.

Remerciements

Ce travail fait partie du projet Ivoir-belge, Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR/KUL) intitulé «Evolution de la biodiversité des poissons après la construction d'un barrage: cas de la rivière Bia, Côte d'Ivoire», financé par l'Administration Générale de la Coopération au Développement belge (AGCD-ABOS). Nous sommes reconnaissants au Professeur D.F.E. Thys van Den Audenaerde et au regretté Dr. G.G. Teugels, respectivement promoteur et co-promoteur du projet pour leur immense apport et leurs critiques constructives.

Références bibliographiques

- Albaret J.J., 1982, Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Revue hydrobiologie tropicale*, 15, 347-371.
- Benech V. & Quensiere J., 1985, Stratégie de reproduction des poissons du Tchad en période de «Tchad Normal» (1966-1971). *Revue hydrobiologie tropicale*, 18, 227-244.
- Da Costa K.S., Traoré K. & Tito de Moraes L., 1998, Effort de pêche et production exploitée dans les petites retenues du nord de la Côte d'Ivoire. *Bulletin Français Pêche et Pisciculture*, 348, 65-78.
- Daget J., 1957, Mémoires sur la biologie des poissons du Niger moyen. III. Reproduction et croissance d'*Heterotis niloticus* Eurenberg. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire* 29, 296-322.
- Demetropoulos A., 1985, Report: Cyprus fisheries. *Marine Policy*, 9, 69-72.
- Dia A.K., 1975, Détermination de l'âge des mâchoirons (*Chrysichthys nigrodigitatus*). Premières estimations de la croissance. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 7, 2, 139-151.
- Durand J.R. & Loubens G., 1970, Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes baremoze* du lac Chari et du lac Tchad. *Cahiers ORSTOM*, série Hydrobiologie, 5, 61-81.
- Garcia S. & Demetropoulos A., 1986, L'aménagement de la pêche à Chypre. *FAO Document Technique, Pêches*, 250, 43 p.
- Gourène G., Teugels G.G. & Thys van den Audenaerde D.F.E., 1995, Manuel pratique d'identification des poissons du lac d'Ayamé (Rivière Bia, Côte d'Ivoire). *Archives Scientifiques. CRO/ORSTOM, Abidjan* 14, 41 p.
- Halim A.I.A. & Guma'a S.A., 1989, Some aspects of the reproductive biology of *Synodontis schall* (Bloch-Schneider, 1801) from the White Nile near Khartoum. *Hydrobiologia*, 178, 243-251.
- Koné T., 1997, Contribution à l'étude de la stratégie de reproduction d'un tilapia d'intérêt aquacole: *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 (lac d'Ayamé: Côte d'Ivoire). *Diplôme d'Etudes Approfondies d'Ecologie Tropicale. Université de Cocody, Abidjan*, 59 p.
- Kouassi N., 1980, Données sur l'effort de pêche et la production piscicole du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire) en 1978. *Annales de l'Université d'Abidjan, Série (Ecologie)*, 13, 155-181.
- Kramer D.L., 1978, Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. *Ecology*, 59, 976-985.
- Lae R., 1997, Estimation des rendements de pêche des lacs africains au moyen de modèles empiriques. *Aquatic Living Resources*, 10, 83-92.
- Legendre M. & Ecoutin J.M., 1989, Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I. Reproduction. *Aquatic Living Resources*, 2, 71-79.
- Levêque C. & Paugy D., 1999, Impact des activités humaines. *In: Leveque C. et Paugy D. (Eds.) Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme. Institut de*

- Recherche pour le Développement, Paris, 365-383.
17. Levêque C., Paugy D. & Teugels G.G. (Eds.), 1990, Faune des poissons d'eau douce et saumâtre de l'Afrique de l'ouest. Volume I ORSTOM, Paris and MRAC, Tervuren, Belgium, 1- 384.
 18. Levêque C., Paugy D. & Teugels G.G. (Eds.), 1992, Faune des poissons d'eau douce et saumâtre de l'Afrique de l'ouest. Volume II. ORSTOM, Paris and MRAC, Tervuren, Belgium, 385-902.
 19. Lowe-McConnell R.H., 1975, Fish communities in tropical freshwaters; their distribution, ecology and evolution. Longmans, New York, 337 p.
 20. Moreau J., 1982, Exposé synoptique des données biologiques sur *Heterotis niloticus* FAO Synopsis Pêche, 131, 45 p.
 21. Murawski S., 2000, Definition of overfishing from an ecosystem perspective. ICES Journal of Marine Science, **57**, 649-658.
 22. Ouattara M., Kouakou K. & Gourène G., 1993, Une approche technologique peu onéreuse de production de larves et d'alevins de *Chrysichthys nigrodigitatus* (Pisces; Bagridae). Agronomie africaine, **1**, 33-38.
 23. Paugy D., 1982, Synonymie d'*Alestes rutilus* Boulenger 1916 avec *A. macrolepidotus* Valenciennes, 1849 (Pisces, Characidae). Biologie et variabilité morphologique. Revue zoologie africaine, **96**, 286-328.
 24. Planquette P. & Lemasson J., 1975, Le peuplement de poissons du Bandama Blanc. Annales Université d'Abidjan série E (Ecologie), **8**, 1, 77-121.
 25. Sanyanga R.A., Machena C. & Kautsky N., 1995, Abundance and distribution of inshore fish in fished and protected areas in Lake Kariba, Zimbabwe. Hydrobiologia, **306**, 67-78.
 26. Vanga A.F., 2004, Conséquences socio-économiques de l'expulsion des pêcheurs étrangers étrangers en Côte d'Ivoire: lac d'Ayamé et de Buyo. Revue européenne des migrations internationales, **20**, 1, 197-205.
 27. Vanga A.F., Gourène G. & Ouattara M., 2002, Impact de la pêche sur la disponibilité en poissons dans les régions des lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire). Archives scientifiques CRO/ORSTOM, Abidjan, **17**, 2, 1-12.
 28. Welcome R.I. & de Merona B., 1988, Fish communities of rivers. In: Lévêque C, Bruton MN and Ssentongo G.W. (eds.) Biology and ecology of African freshwater fishes. ORSTOM, Paris, 251-272.

M. Ouattara, Ivoirien, Doctorat en Sciences et gestion de l'environnement, Assistant à l'Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP. 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.
 G. Gourène, Ivoirien, Docteur ès Sciences Agronomique de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, France. Professeur titulaire.
 A.F. Vanga, Ivoirien, Doctorant ès Sciences et Gestion de l'Environnement, Enseignant-Chercheur à l'URES de Korhogo, Université de Bouaké, Côte d'Ivoire.

Les arbres dans les systèmes agraires en zone sahélienne du Niger: mode de gestion, atouts et contraintes

M. Larwanou*, M. Saadou** & S. Hamadou***

Keywords: Agrarian systems- Land fallow- Management- Semi-arid zone- Arid zone- Sahel- Niger

Résumé

Au Sahel, l'arbre fait partie intégrante du système de production. La présente étude s'est penchée sur son mode de gestion, ses atouts et ses contraintes. Une enquête a été conduite dans 7 terroirs villageois de la partie sud-ouest du Niger suivant un gradient d'aridité sud-nord afin de comprendre le comportement des populations dans la gestion des arbres. L'objectif était d'analyser les systèmes, les modes de gestion de l'arbre, les bénéfices tirés et certaines contraintes. Les résultats montrent que les populations de la zone aride gèrent et préservent mieux les arbres dans leurs champs. La jachère est pratiquée par 87,91% des producteurs et la durée moyenne est de 4,4 ans. Le défrichage est pratiqué à plus de 98,9% et les pieds des arbres épargnés par champ, varient entre 8 dans la zone semi-aride et une vingtaine dans la zone aride. Les arbres sont utilisés pour la délimitation des champs, l'amélioration de la fertilité des sols, la pharmacopée traditionnelle et, la fourniture d'énergie, de bois d'œuvre et de service. Les habitudes socio-culturelles des populations constituent la principale contrainte de la gestion des arbres. Un effort de sensibilisation et de vulgarisation des nouvelles techniques de gestion de l'arbre doit être consenti surtout dans la zone semi-aride.

Summary

Trees in the Agrarian Systems of the Sahelian Zone of Niger: Management Practices, Benefits and Constraints

In the Sahelian regions, tree is an integrated part of the farming systems. The present study concerns the tree management practices, their benefits and constraints. A survey was conducted in 7 village sites of the southwestern part of Niger according to a south-north aridity gradient in order to understand how rural people manage trees in their farms.

The objective was to analyse the systems, tree management practices, benefits and constraints.

The results show that rural people of the arid zone manage and preserve trees in their farms better than the population of the semi-arid zone. Land fallow is practiced in 87.91% of the plots for a mean period of 4.4 years. Land clearing was also practiced by 98.9% of the questioned farmers and the mean number of trees that were not cut varied from 8 in the semi-arid zone to 20 in the arid zone.

Trees in the farms were used to delimitate farms boundaries, improve soil fertility, to prepare traditional medicine and as energy source and timber. The socio-cultural habits of the people are the main constraint to an adequate management of the tree resources.

To change the current situation, sensitization and extension efforts of the new developed tree management techniques have to be carried out especially in the semi-arid zone.

Introduction

Dans les systèmes agraires du Sahel occidental nigérien, les arbres ont une importance capitale pour les populations. Ils leur procurent divers bénéfices: aliments, médicaments traditionnels, fourrage, bois de feu, bois d'œuvre et de service, etc. Au-delà de ce rôle pour le bien-être de la population, les arbres sont reconnus pour leur rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes. Plusieurs travaux

scientifiques ont montré l'importance de l'arbre dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'augmentation de la production des céréales (5).

Traditionnellement, les populations sahéliennes gèrent les arbres dans les champs pour s'assurer que ces derniers sont préservés afin qu'ils continuent à jouer pleinement leurs rôles. L'entretien de la régénération naturelle, la plantation des arbres, la

*Département de Recherche en Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger. Tel: +227 973442/725389; Fax: +227 722252; e-mail: m.larwanou@coraf.org

**Université Abdou Moumouni de Niamey, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, BP 10662, Niamey, Niger.

***Unité de Recherche sur l'Élevage et l'Environnement - Centre International de Recherche - Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (UREEN - CIRDES), 01 BP 454, Bobo-Dioulasso, 01 Burkina Faso.

Correspondance: M. Larwanou

*Département de Recherche en Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger.

Tel: +227 973442/725389; Fax: +227 722252; e-mail m.larwanou@coraf.org

Reçu le 24.12.03. et accepté pour publication le 09.03.05.

Tableau 1
Caractéristiques des sites d'étude dans les zones bioclimatiques

Zones bioclimatiques	Sites	Latitude	Longitude	Pluviométrie moyenne
Semi-aride	Guéladjo	13°05' 44 "	2°00' 33 "	575 mm
	Boukagou	13°36' 07 "	1°20' 52 "	
Transition	Kiribkayna	13°53' 20 "	2°42' 56 "	450 mm
Aride	Fonéko	14°12' 23 "	00°44' 30 "	350 mm
	Kokayna	14°30' 07 "	2°01' 43 "	
	Ziban	14°33' 17 "	1°20' 06 "	
	Margou	14°36' 35 "	3°03' 28 "	

mise en jachère des parcelles, l'élagage et l'émondage sont les principales pratiques de gestion rencontrées sur le terrain.

Les utilisateurs ont des conceptions différentes vis-à-vis de la préservation des arbres dans l'environnement sahélien. Ce problème sociologique et de comportement est partagé par les nomades et les sédentaires au Niger. Sur les plans sociologique et d'utilisation diverses, Bernus (1) se demande si le nomade est bien réellement ce destructeur de forêts, propagateur du désert, opposé au sédentaire attaché à son terroir, créateur d'une stratégie délibérée de mise en valeur.

La politique forestière qui a affiché un visage répressif depuis les indépendances rend aujourd'hui les populations obsessives quant à la prise en charge de leur environnement. Les tendances actuelles des politiques forestières souscrivent à la restitution aux populations de la responsabilité de la gestion de leur environnement. Pour Chaumié (2), les structures traditionnelles sont en mutation et il est indispensable de saisir la dynamique de ces évolutions pour comprendre comment les populations gèrent leur espace familial, villageois et régional.

La présente étude a été conduite dans sept terroirs villageois du sud-ouest nigérien en tenant en compte du gradient pluviométrique sud-nord. Ces terroirs sont également différents du point de vue de leur configuration ethnique. La différence en terme pluviométrique implique automatiquement qu'il existe des points de divergence sur l'abondance des arbres dans les systèmes agraires, le mode d'utilisation, la demande en produits ligneux et non ligneux et au-delà le besoin en protection de l'environnement.

L'objectif principal de l'étude est d'analyser les principales pratiques, le mode de gestion ainsi que les avantages et les inconvénients des arbres dans les systèmes agraires du Sahel occidental nigérien suivant les différentes zones bioclimatiques.

Matériel et méthodes

Une enquête a été conduite dans les villages de Guéladjo, Boukagou, Kiribkayna, Fonéko, Kokayna, Ziban, Margou situés sur un gradient pluviométrique sud-nord. Les sites de Guéladjo et Boukagou sont situés au sud, ils reçoivent plus de 500 mm de pluie par an, Kiribkayna dans la zone intermédiaire (400

mm de précipitations annuelles) et Margou, Kokayna, Ziban et Fonéko au nord (300-350 mm de pluie par an) (Tableau 1).

Les personnes enquêtées sont les chefs de ménages, qui ont un droit de regard sur la gestion des arbres dans les champs. L'interview conduite est individuelle et les questions sont posées à l'aide d'un questionnaire fermé. Les questions sont axées sur la gestion de l'arbre dans les champs.

Un échantillon de 13 chefs de ménages a été retenu et interviewé par village en utilisant la méthode de "Ranked Set Sample" Subhash (11) pour le choix des producteurs à enquêter. Cette méthode consistait à établir un certain nombre de critères exclusifs sur la base desquels certains chefs de ménages ont été éliminés. Les données de l'enquête ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS notamment les analyses descriptives et de corrélation.

Résultats

1. Gestion des arbres dans les systèmes agraires

D'une manière générale, les données de l'enquête révèlent la prédominance des producteurs ne pratiquant pas la plantation des arbres (52,27%). En rapport avec les zones bioclimatiques, l'idée de plantation est légèrement plus accentuée dans la zone aride: 54,2% des producteurs interrogés plantent des arbres dans leurs champs alors que dans la zone semi-aride, ils constituent 48,7%.

Sur l'ensemble des sites étudiés; 87,91% des chefs de ménages interrogés affirment pratiquer la jachère. Sa durée varie de 6 ans dans la zone semi-aride à 3 ans dans la zone aride. La moyenne générale, toutes zones bioclimatiques confondues, est de 4 ans. Cette moyenne décroît de la zone semi-aride vers la zone aride. Cette variabilité de la durée de la jachère est plus accentuée entre et au sein des sites d'une même zone bioclimatique. D'une manière générale, la même tendance est observée dans chaque zone bioclimatique (Figures 1a et 1b).

Le défrichement est effectué par la quasi-totalité des producteurs interrogés: 98,9% déclarent pratiquer le défrichement lors de la préparation des champs. Cependant, les producteurs épargnent des arbres pour des raisons diverses dont, entre autres, la production d'ombrage, le prélèvement de bois de feu et de service en cas de besoin, et d'autres usages.

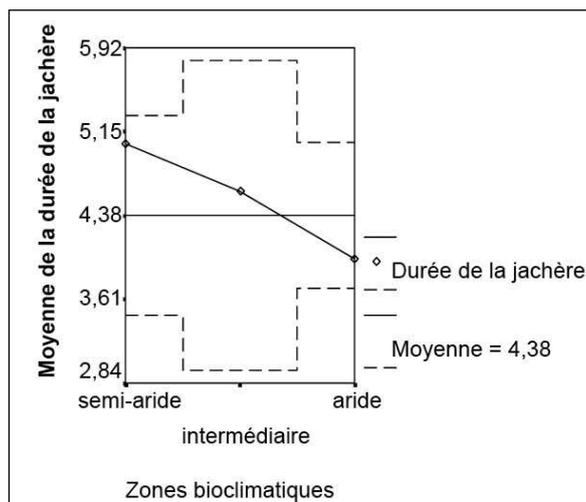


Figure 1a: Moyenne de la durée de la jachère par rapport aux zones bioclimatiques.

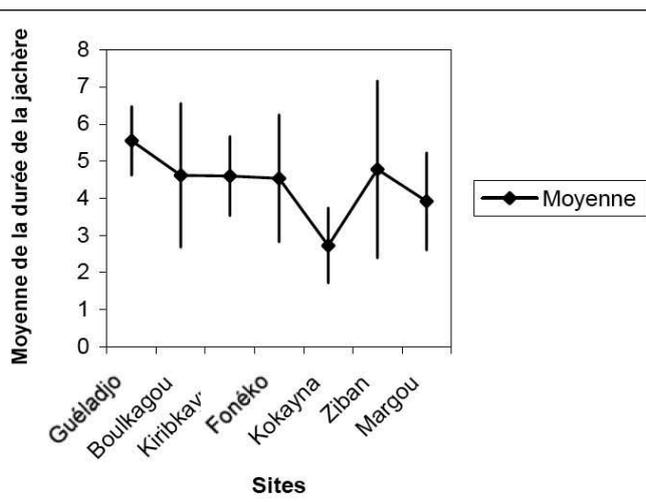


Figure 1b: Moyenne de la durée de la jachère par rapport aux sites.

Le nombre d'arbres épargnés est variable d'un site à un autre et au sein d'une même zone bioclimatique. C'est dans les sites appartenant à la zone semi-aride que le nombre d'arbres épargnés est le plus faible. Le plus grand nombre d'arbres épargnés dans les champs est obtenu dans le site le plus au nord (Margou) donc le plus aride et le plus petit nombre est obtenu dans le site le plus au sud (Guéladjo) dans la zone semi-aride (Figure 2).

2. Causes de la conservation des arbres

Dans les systèmes agraires du Sahel nigérien, les arbres sont gérés et conservés parce qu'ils présentent certains atouts, en premier lieu, dans la délimitation des champs.

Presque tous les arbres se trouvant sur la limite des champs sont préservés et épargnés de la coupe. Ce mode de délimitation des champs constitue 67,03% des pratiques dans notre échantillon. Un autre mode de délimitation utilisé par les producteurs est la plantation d'arbres sur les limites des champs (12,09%). Les espèces ligneuses les plus utilisées sont: *Euphorbia balsimifera*, *Hyphaene thebaïca*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Acacia senegal*. Ces pratiques liées à la délimitation des parcelles se retrouvent dans tous les sites, c'est-à-dire, dans toutes les zones bioclimatiques.

En plus de l'utilisation des arbres pour la délimitation des parcelles, les haies-vives constituent un aspect très important pour la protection des champs contre la divagation des animaux et les différentes formes d'érosion. Cependant, ce dernier aspect ne semble pas avoir été bien compris. Ainsi, pour les différentes protections, seuls 26,32% des producteurs enquêtés utilisent les haies-vives défensives avec *Euphorbia balsimifera* et *Commiphora africana* contre 32,5% qui utilisent les haies-mortes qui sont des clôtures à base de branches mortes d'espèces ligneuses en particulier des épineux comme *Ziziphus mauritiana*, *Acacia senegal*, *A. nilotica*, *Bauhinia rufescens*, etc.

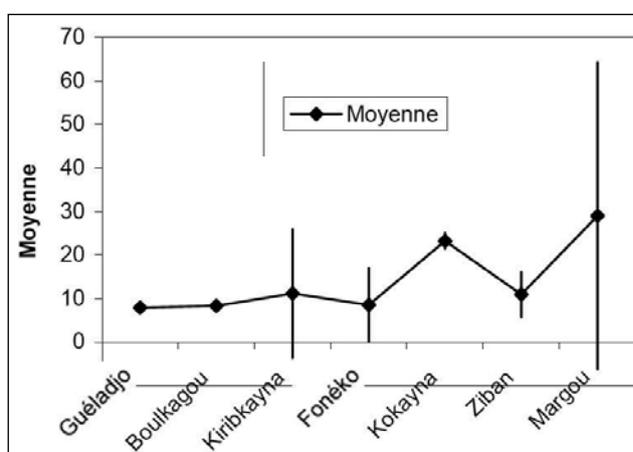


Figure 2: Moyenne du nombre d'arbres épargnés lors des défrichements

L'amélioration de la fertilité des sols constitue un autre apport des arbres dans les systèmes agraires. Les producteurs reconnaissent que certaines espèces ligneuses améliorent la fertilité des sols. Dix-sept différentes espèces ont été citées par les producteurs. Les plus importantes sont: *Faidherbia albida* (24,22%), *Guiera senegalensis* (13,28%), *Combretum micranthum* (8,59%), *Piliostigma reticulatum* (7,81%), *Balanites aegyptiaca* (6,25%), *Combretum glutinosum* (6,25%) et *Acacia nilotica* (5,47%).

La production du combustible est un autre rôle important des espèces ligneuses qui motive les producteurs à les gérer dans leurs champs. Ainsi, le bois provenant des champs contribue à hauteur de 45,05% des besoins énergétiques des ménages, le pétrole lampant (34,07%), la paille et les autres résidus agricoles (20,88%) couvrent le reste. Le type de bois utilisé par les ménages est le bois sec (96,7%).

Les espèces ligneuses présentes dans les terroirs étudiés sont utilisées à 100% pour le traitement des différentes maladies humaines et animales et leur degré d'utilisation peut dépasser les 90%.

Les organes utilisés sont les feuilles (33,96%), les

écorces (33,33%) et les racines (32,70%); ils sont exploités par écorçage (34,59%), arrachage des feuilles (33,33%) et déracinement (32,08%).

L'exploitation des organes est importante et touche 94,55% des espèces et le mode d'utilisation concerne la décoction des organes (98,25%) et la préparation de poudre de feuilles ou racines (1,75%).

Le coefficient de corrélation de Pearson utilisé pour établir une relation entre l'utilisation et le mode d'exploitation sur la vie des espèces ligneuses montre une corrélation négative entre l'utilisation des espèces et le mode d'exploitation des organes pour la pharmacopée à 5% de probabilité ($R= 0,24$). Ce qui veut dire que l'utilisation des espèces pour la médecine traditionnelle suivant les différents modes (exploitation et utilisation) a des conséquences négatives pour la survie des espèces ligneuses.

Le bois des espèces ligneuses est en outre utilisé pour la construction des maisons, des manches d'outils et de certains ustensiles de cuisine (Figure 3).

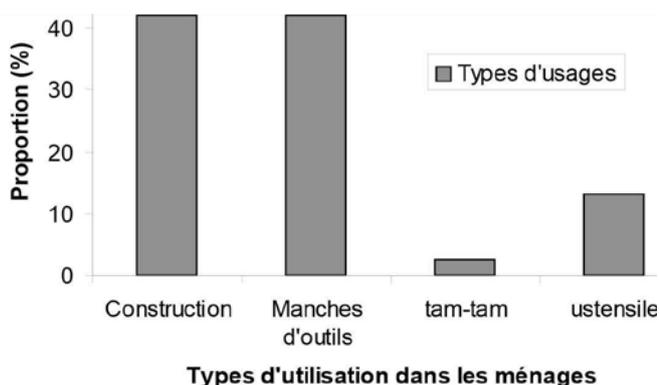


Figure 3: Distribution de fréquences des types d'utilisations du bois d'œuvre et de services.

L'intensité d'utilisation du bois des espèces ligneuses varie dans les différents sites et entre les zones bioclimatiques.

3. Les contraintes

Les différentes contraintes dans la gestion des espèces ligneuses dans les systèmes agraires du Sahel nigérien résident dans le comportement socio-culturel de la plupart des producteurs enquêtés. Certains répondent que l'arbre est un bien naturel (42,3%) et les autres reconnaissent que cette conception est dépassée et qu'il faut le gérer scrupuleusement (57,7%). En réalité, les partisans de cette dernière conception sont dépassés par le comportement de la première catégorie à cause des considérations sociales. Bien que les vertus de l'arbre soient reconnues par tous, il est évident que certaines considérations d'ordre culturel et social sont dominantes et entravent les efforts de ceux qui prônent que l'arbre doit être préservé non seulement pour ses effets immédiats mais aussi pour la postérité.

Dans ce pays où les pratiques de gestion policière de

l'environnement héritées de l'ère coloniale n'ont connu de changements tangibles que ces dernières années, il va falloir du temps pour que la sensibilisation soit menée et qu'elle se traduise par un changement significatif au niveau des mentalités des populations. Il faut souligner que le service de l'environnement fait des efforts de sensibilisation et de police à la fois. Cependant, les actions de répression ne semblent pas très efficaces car elles ne touchent qu'un nombre réduit de personnes ayant commis des infractions. Parmi les personnes enquêtées, seulement 7% ont répondu avoir dû payer une amende pour avoir contrevenu aux lois forestières du pays.

Discussions

La gestion des espaces agraires est une pratique ancienne des populations nigériennes. Le type de gestion dépend de la culture des populations. La disparité qui existe suivant les zones bioclimatiques est due essentiellement aux aléas climatiques et à l'accroissement de la population qui met en péril les anciennes pratiques. La plantation des espèces ligneuses dans les champs des producteurs ruraux n'est jamais une coutume (13). Mais ces dernières années, une prise de conscience se fait sentir. Le fait que les producteurs de la zone aride s'attèlent à entreprendre des plantations d'arbres dans leurs champs à une échelle plus importante que leurs pairs de la zone semi-aride, laisse penser qu'ils sont conscients de l'adversité climatique qui les menace. Au Niger, la durée de la jachère était normalement de 15 ans (6) et même au-delà. De nos jours, elle est réduite à moins de 5 ans là où elle est applicable. Le coefficient de jachère/culture (superficie de jachère divisée par superficie de terre cultivée) au Niger est passé de 7,1 en 1960 à 2,9 en 1985, soit une réduction annuelle de 3,5% (10). La période de jachère devient trop courte pour reconstituer la fertilité du sol, ce qui se traduit souvent par une réduction des rendements des cultures (3).

Cette réduction de la durée moyenne des jachères dans cette partie du Niger n'est pas sans conséquence sur le renouvellement de la fertilité des sols alors que les producteurs ne peuvent acquérir de l'engrais minéral. Citant plusieurs expérimentations, Piéri (8) arrive à la conclusion que dans la zone tropicale semi-aride, en l'absence des jachères de longue durée, les rendements des cultures et la productivité des terres ne peuvent être maintenus que si l'on restitue au sol, des produits organiques déjà transformés comme le fumier et le compost. C'est ce que les producteurs de cette zone du Niger ont compris; par manque de moyen pour ces produits, ils ont identifié par expérience un certain nombre d'espèces ligneuses qui peuvent très rapidement reconstituer la fertilité des sols en leur appliquant des techniques de gestion simples. Les espèces évoquées par les paysans et qui sont épargnées dans les champs pour

jouer ce rôle sont principalement: *Acacia albida* (4, 5), *Guiera senegalensis* (9, 13) et *Piliostigma reticulatum* (différents auteurs).

Le nombre moyen de pieds des espèces ligneuses épargnées dans les champs lors du défrichement (9 à 20) que nous avons observé est supérieur à celui obtenu par Manzo (6) surtout dans la zone semi-aride. Les producteurs de la zone semi-aride épargnent peu d'arbres dans leurs champs contrairement à ceux de la zone aride. C'est certainement un problème de mentalité car dans le centre-est du pays, les populations ont massivement adopté la technique de régénération naturelle assistée (7).

L'entêtement des producteurs à conserver les espèces ligneuses dans leur champ souligne l'importance qu'ils leur accordent.

Sturm (12) a montré qu'il existe une forte corrélation entre la composition floristique des parcs agroforestiers et le système d'exploitation pratiqué. Les arbres dans ces parcs sont des espèces à usages divers mais ne sont pas pour la plupart des légumineuses. Ils améliorent la fertilité des sols de façon significative et contribuent à beaucoup d'usages pour les producteurs.

Conclusion

La gestion actuelle des arbres dans les systèmes agraires dans le Sahel nigérien présente un certain espoir pour la conservation des espèces ligneuses dans les terroirs. Il est évident que dans certaines zones où un potentiel important existe, les populations ne font pas beaucoup d'efforts pour la conservation et l'enrichissement de leurs parcs. Dans ce cas précis, il va falloir entreprendre des campagnes de sensibilisation et même de formation sur l'intérêt de la gestion et la conservation des espèces ligneuses.

Les populations vivant dans la zone aride sont plus conscientes de la nécessité de bien gérer l'arbre pour non seulement son utilisation actuelle mais aussi pour la postérité.

Néanmoins, les vertus de l'arbre sont bien appréhendées par les populations des zones concernées; ce qui constituera un atout pour faire comprendre aux populations «réticentes» l'enjeu que représente la gestion durable du couvert forestier.

Références bibliographiques

- Bernus E., 1980, L'arbre dans le nomad's land. In: L'arbre en Afrique tropicale: la fonction et le signe. Cahiers ORSTOM. Séries sciences humaines (FRA). Vol. 17, n° 3-4, p.171-176.
- Chaumié J., 1985, Gestion de l'environnement dans les pays sahéliens. Les cahiers de la Recherche - Développement. CIRAD; n° 8, p.17-24.
- FAO, 1997, FAO Production Yearbook 1996. Vol. 50. Rome, FAO. 235 pp.
- Geiger S.C., Vandenbeldt R.J. & Manu A., 1993, Préalable de la fertilité du sol et variabilité de la croissance chez *Faidherbia albida*. In: Vandenbeldt R.C. et Renard C. (1993): *Faidherbia albida* dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'ouest. Compte rendu d'un atelier. 22-26 avril 1991, Niamey, Niger. p.121-129.
- Mai Moussa K.A, Williams J.H. & Odongo J.C.W., 1997, Diversification des cultures sous *Faidherbia albida* en milieu paysan dans la zone semi-aride de l'Afrique de l'ouest. In: G. Renard, A. Neef, K. Beckert and M. von Oppen (eds.): Soil fertility management in west African land use systems. Proceedings of the regional workshop. Margraf verlag. Niamey, Niger 4-9 March 1997. p. 299-303.
- Manzo M., 1996, Etude des jachères dans l'ouest du Niger, gestion traditionnelle et structure du peuplement végétal dans le canton de Torodi. Thèse de 3^{ème} cycle. Univ. de Ouagadougou. 136 p.
- Marou Z.A., Abass A.T., Bokar M., Niang A. & Cheick O.T., 2002, Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. Rapport de travail; INRAN/ICRAF. 56 p.
- Piéri C., 1986, Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne. Agritrop. 10, 1, 88-97.
- Renard C., 1993, Evolution d'une jachère sur une période de huit ans à Sadoré (Niger): composition botanique et régénération forestière. Collection colloques et séminaires. ORSTOM, Paris: 297-306.
- SEDES, 1987, Etude du secteur agricole du Niger. Société d'études pour le développement économique et social, Niamey, Niger, 59 p.
- Subhash C., 2003, Design and analysis of farmer participatory trials. Party numbers: how to generate and analyse them. ICRISAT, Statistics Unit. Patancheru, India.35 p.
- Sturm H.-J., 1997, The importance of agricultural parks for soil fertility management: In: G. Renard, A. Neef, K. Beckert and M. von Oppen (eds.): Soil fertility management in west African land use systems. Proceedings of the regional workshop. Margraf verlag. Niamey, Niger 4-9 March 1997. pp. 305-309.
- Wezel A., 1998, Brachewechselwirtschaft und Managementmöglichkeiten im semiariden Niger, Westafrika. Pflanzengesellschaften, Integration von Büschen in den Hirseanbau. Stuttgart: Verlag Ulrich, E. Grauer. 195 pp.

M. Larwanou, Nigérien, Etudiant doctorant, Chercheur à l'Institut National de la Recherche agronomique du Niger.

M. Saadou, Nigérien, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Enseignant chercheur à la Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

S. Hamadou, Nigérien, Docteur en Socio-économie, Chercheur au Centre International de Recherche- Développement sur l'Elevage en zone subhumide.

Prédiction de quelques normales agroclimatiques à l'aide de modèles empiriques

M. Omoko¹

Keywords: Agroclimatic data- Land use planning- Simulation- Empirical models- Cameroon

Résumé

L'inexistence des normales climatiques dans de vastes régions d'Afrique rend souvent difficile la planification de l'utilisation efficiente de leurs ressources en terres. L'objectif de la présente étude est de suppléer à ce manque en estimant les normales climatiques à l'aide de modèles empiriques utilisant les paramètres géographiques du site (latitude, longitude, altitude, mois de l'année). Pour ce faire, 66 stations agrométéorologiques ont été sélectionnées sur une bande de territoire couvrant 2 - 14° de latitude N, 3 - 23° de longitude E, et d'altitude variant entre 13 et 1890 m. Les normales mensuelles de température maximale et minimale de l'air, de hauteur des pluies et d'insolation dans chacune des stations ont généré 792 observations mensuelles pour chacun des 4 paramètres. Les simulations polynomiales de ces paramètres climatiques ont donné des équations prédictives dont les coefficients de détermination (R^2) sont respectivement de 0,997; 0,990; 0,879 et 0,986. Dans le même ordre, les moyennes géométriques du ratio d'erreur des différents modèles sont tous proches de 1 (0,9998; 1,0035; 1,354 et 1,0107 respectivement), alors que les valeurs de l'écart-type géométrique du ratio d'erreur sont respectivement de 1,059; 1,116; 2,257 et 1,175. Tous ces indices d'évaluation statistique sont très satisfaisants et montrent que les modèles proposés simulent très bien les données observées.

Summary

Predicting some Agroclimatic Data Using Empirical Models

The lack of climatic data in large areas of Africa is a major drawback in the efficient planning of land resources use. The objective of this study is to fill that gap whenever necessary, by estimating climatic data with empirical models using geographic parameters of the site such as its latitude, longitude, altitude and month of the year. Data from 66 agroclimatological stations were used, covering a region stretching between latitude 2 and 14° N, longitude 3 and 23° E, and altitude 13 to 1890 m. Average monthly maximum and minimum temperatures, rainfall and sunshine duration were computed for each of the stations, thus generating 792 monthly observations for each of the 4 climatic parameters. Polynomial simulations were used to derive predictive equations for these parameters, with coefficients of determination (R^2) of 0.997, 0.990, 0.879 and 0.986, respectively. The values of the geometric mean error ratio were close to 1 for the 4 models (0.9998, 1.0035, 1.354 and 1.0107, respectively). Likewise, the geometric standard deviations of the error ratios for the respective models were 1.059, 1.116, 2.257 and 1.175. All these statistical evaluations are very satisfactory, which shows the very good fitness of the proposed models.

Introduction

Les données climatiques ont de nombreuses applications en pédologie. Leur connaissance permet de mieux expliquer les phénomènes pédogénétiques et les propriétés des sols (6). De manière plus spécifique, les paramètres du climat sont nécessaires à la détermination du pédoclimat utilisé dans la classification américaine des sols et dans l'inventaire et l'évaluation biophysique des ressources naturelles d'une région. En effet, dans le contexte de l'évaluation des terres en vue de déterminer leurs potentialités agricoles, les paramètres climatiques constituent des caractéristiques de terre au même titre que les propriétés du sol, le relief, l'hydrologie,... (17, 24). C'est d'ailleurs le climat qui détermine dans une large mesure les zones de production possible des cultures et le potentiel de rendement de celles-ci (5).

De plus, le suivi agrométéorologique des cultures est d'un intérêt direct aussi bien pour les paysans que pour les planificateurs et les décideurs (9). Il permet entre autre, de rationaliser et d'optimiser la gestion et l'exécution de certains travaux et activités agricoles. Les observations et mesures des données climatiques sont faites à partir des stations au sol du «réseau international synoptique». Ce réseau est constitué d'environ 14 000 stations dont 9 000 stations terrestres et 5 000 navires de commerce sélectionnés, disséminés dans le monde (19). La grande majorité des observations synoptiques est concentrée sur les continents, avec malheureusement de grandes lacunes sur les océans, les zones polaires et une partie de l'Afrique. C'est ainsi que dans de nombreux pays d'Afrique, les données agroclimatiques relevées

¹ Faculté d'Agronomie & des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 294, Dschang, Cameroun.
E-mail: cdeuds@yahoo.fr

Reçu le 08.05.03. et accepté pour publication le 09.03.05.

sur des périodes ininterrompues de trente ans et plus (normales climatiques) ne sont pas souvent disponibles. De vastes régions restent encore dépourvues du moindre équipement rudimentaire pouvant permettre la collecte de telles données, compromettant ainsi même leurs chances de développement agricole durable. Au Cameroun, sur une superficie de 475 442 km² on dénombre seulement 23 stations météorologiques synoptiques pouvant disposer de normales de température de l'air, de hauteur des pluies, de durée d'insolation, d'humidité relative de l'air et de vitesse du vent, soit une densité moyenne d'une station pour plus de 20 000 km², contre 138 stations synoptiques en France pour une superficie de 543 965 km² (3).

Pour pallier au manque de données agroclimatiques, certains chercheurs et planificateurs ont souvent recours à des extrapolations de valeurs prises entre des stations agrométéorologiques voisines, lorsqu'elles existent. De telles extrapolations ont généralement une portée limitée puisque seules les variations de la température de l'air peuvent être calculées de manière satisfaisante en se basant sur le principe de l'adiabatique. C'est ainsi qu'un gradient de correction des températures de -0,5 °C/100 m d'élévation est souvent utilisé en zone tropicale (7). Mais ce gradient peut être fortement influencé par l'humidité relative de l'air et d'autres facteurs environnementaux (végétation, exposition de la surface, voisinage de grandes étendues d'eau,...). L'insolation est parmi les facteurs agroclimatiques dont les données sont les moins disponibles au Cameroun. En se basant sur 105 observations dans la région cotonnière du nord Cameroun, Mahop (16) a proposé le modèle statistique suivant pour l'estimation de ce paramètre:

$$n = 9,15 - 0,01 P \quad R^2 = 0,94$$

où n est le nombre moyen d'heures d'ensoleillement par jour du mois considéré, et P la pluviométrie moyenne du mois en mm.

Aucune indication n'a été donnée concernant le nombre de stations ou la période de l'année impliquées. Cette équation suppose que pendant les mois de saison sèche où P est nul, n ne dépasse pas 9,15 heures /jour, ce qui n'est guère le cas.

Il existe à l'heure actuelle une multitude de modèles mathématiques permettant de simuler la croissance et le rendement des cultures en fonction des facteurs écologiques. La variabilité des paramètres climatiques étant la principale cause des risques et aléas dans la production agricole, le développement de tels modèles doit pouvoir intégrer cette incertitude liée au climat. La relation entre un processus agronomique et les variables météorologiques est complexe et demande très souvent une modélisation très sophistiquée. Ceci peut exiger, suivant le type de modèle, la connaissance de ces variables sur une base soit horaire ou journalière, soit mensuelle ou saisonnière.

Deux alternatives sont possibles lorsque l'on veut incorporer les conditions climatiques dans les modèles de simulation de la production agricole. La première est d'utiliser une série de données climatiques réelles et la seconde de faire appel aux techniques de Monte Carlo pour créer une série simulée (25). Les méthodes de simulation des données climatiques sont variées. Certains chercheurs ont pu mettre au point des techniques de simulation des orages individuels (10, 21, 23), ou des pluies à l'échelle journalière (11, 18, 28). La plupart de ces derniers modèles sont basés sur le principe des processus en chaîne de Markov combiné à une loi de distribution des probabilités. Etant donné qu'il n'existe aucune base théorique permettant le choix d'une fonction de distribution donnée pour simuler des observations de nature stochastique, diverses techniques de régression ont souvent été utilisées pour choisir la loi de probabilité qui convient le mieux (15).

La prédiction des températures maximales ou minimales journalières de l'air a aussi fait l'objet de plusieurs modèles stochastiques dans lesquels la valeur de ces paramètres est aussi fonction de la pluie du jour (1, 20). Le modèle de Gates & Timmons (13) détermine la température moyenne journalière sous forme d'une relation sinusoïdale ayant comme paramètres les températures maximales et minimales mensuelles. Van Tassel *et al.* (25) ont utilisé les techniques de Monte Carlo pour simuler les précipitations et les températures mensuelles, tout en essayant de préserver les corrélations historiques existant entre ces variables.

Le problème avec tous ces modèles est qu'ils ne permettent pas de créer des séries de données climatiques dans les régions où ces données n'existent pas du tout. L'objectif du présent article est de suppléer au manque total de données climatiques. Il se propose de simuler la température maximale et minimale de l'air, la pluviométrie et la durée d'insolation moyennes mensuelles en fonction des paramètres géographiques que sont la latitude, la longitude, l'altitude et le mois de l'année. Une telle modélisation de ces paramètres participe de la caractérisation agroécologique des zones concernées.

Matériels et méthodes

Le rôle du climat est primordial dans la différenciation du monde en zones agroécologiques. Les facteurs climatiques les plus importants dans cette différenciation sont la pluviométrie et la température de l'air, ainsi que leur répartition dans l'année. La partie du continent africain située entre le Sahara et l'Equateur peut être subdivisée en quatre zones éco-climatiques caractérisées par une gradation latitudinale de la pluviométrie et des températures. Le Cameroun qui s'étend du 2^{ème} au 13^{ème} degré de latitude nord fait partie de trois de ces quatre zones.

On note en effet du nord au sud, la zone subaride ou sahélienne, avec une pluviométrie annuelle de 350-600 mm, la zone tropicale subhumide ou soudanienne (pluviométrie 600-1200 mm/an), et la zone tropicale humide où la hauteur des pluies annuelle varie de 1200 à plus de 4000 mm.

Pour les besoins de la présente étude, 66 stations agrométéorologiques du Cameroun et des pays voisins (Nigeria, République Centrafricaine, Tchad), disposant de longues séries ininterrompues de relevés climatiques, ont été sélectionnées. La zone d'étude couvre une bande comprise entre 2° et 14° de latitude N, 3° et 23° de longitude E. L'altitude des stations varie de 13 à 1890 m au-dessus du niveau de la mer. Les bulletins météorologiques mensuels du Cameroun (4) et les données agroclimatiques pour l'Afrique (8) ont permis de calculer les moyennes mensuelles de la température maximale et minimale de l'air, de la hauteur des pluies et du nombre d'heures d'insolation dans chacune des stations. Ceci a donné 792 observations mensuelles pour chacun des 4 paramètres.

Si l'on admet que la valeur de chacun de ces paramètres climatiques, Y, est conditionnée par le mois de l'année (M), l'altitude du lieu (AL), sa latitude (LA) et sa longitude (LO), on peut écrire la relation $Y = f(M, AL, LA, LO)$ et simuler les données existantes par une équation polynomiale de la forme:

$$Y = \beta_1(M) + \beta_2(AL) + \beta_3(LA) + \beta_4(LO) + \beta_5(M)^2 + \beta_6(AL)^2 + \beta_7(LA)^2 + \beta_8(LO)^2 + \beta_9(M)^3 + \beta_{10}(AL)^3 + \beta_{11}(LA)^3 + \beta_{12}(LO)^3 \quad [1]$$

où M= mois de l'année, valeurs de 1 à 12;

AL= altitude du lieu en mètres; LA= latitude du lieu; LO= longitude du lieu en degrés et dixièmes de degré.

Les coefficients β_i ont ensuite été estimés en simulant les données avec une régression multiple, tout en éliminant toute variable indépendante dont le coefficient s'avérait non significatif au seuil de probabilité de 25% (12). Etant donné la nature des paramètres indépendants utilisés, il ne nous a pas paru approprié d'ajouter un intercepte à cette équation.

Plusieurs tests statistiques ont été utilisés pour retenir ou évaluer les différents modèles. Il y a d'abord la déviation standard de l'erreur σ . Plus σ est petite, mieux le modèle simule les données (2, 14). Le coefficient de détermination R^2 rend compte de la proportion de la variation de Y qui est expliquée par la variation des paramètres indépendants. Plus R^2 est grand, mieux le modèle simule les données mesurées. Pour éviter que le modèle ne contienne plus de paramètres que nécessaire, nous avons aussi utilisé le R^2 ajusté défini comme suit:

$R^2 \text{ aj.} = 1 - (1 - R^2) \frac{(n-1)}{(n-m-1)}$ où n est le nombre d'observations et m le nombre de paramètres dans le modèle, hormis l'intercepte. Alors que R^2 peut

augmenter avec m jusqu'à atteindre 1, R^2 ajusté tend à se stabiliser à une certaine valeur une fois que le modèle renferme un nombre adéquat de paramètres (12).

Tietje & Hennings (26) ont introduit deux indices d'évaluation statistique des modèles; il s'agit de la Moyenne Géométrique du Ratio d'Erreur (MGRE) et de l'Ecart-Type Géométrique du Ratio d'Erreur (ETGRE), définis par:

$$MGRE = \text{Exp} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Ln}(\epsilon_i) \right]$$

$$ETGRE = \text{Exp} \left[\left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\text{Ln}(\epsilon_i) - \text{Ln}(MGRE)]^2 \right)^{1/2} \right]$$

$$\epsilon = V_p / V_M$$

V_p et V_M sont les valeurs prédites et mesurées respectivement, et n est le nombre d'observations.

Une valeur de MGRE égale à 1 correspond à une égalité parfaite entre les données mesurées et les données prédites.

MGRE < 1 indique que les données prédites sont en général sous-estimées, alors que MGRE > 1 indique plutôt une surestimation.

De même, ETGRE = 1 équivaut à une égalité parfaite entre les valeurs mesurées et les valeurs simulées. Ce paramètre sera d'autant plus grand que les données prédites s'éloignent des valeurs mesurées. Un bon modèle doit donc avoir un MGRE voisin de 1 et un ETGRE faible (27). Les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (22).

Résultats et discussion

Les paramètres des équations de simulation des normales climatiques mensuelles dans la zone d'étude sont présentés dans les tableaux 1.

Pluviométrie moyenne mensuelle

La pluviométrie moyenne (mm/mois) est simulée par les équations dont les paramètres sont résumés dans le tableau 1a où TMAX est la température moyenne maximale du mois considéré en °C. Les données de pluies ont été regroupées en 2 saisons, à savoir la saison sèche (Pluviométrie en mm/mois $\leq 2 \times$ température moyenne mensuelle en °C) et la saison des pluies (Pluviométrie en mm/mois $> 2 \times$ température moyenne mensuelle en °C). Les coefficients respectifs représentent les valeurs des β_i dans l'équation [1], accompagnées des erreurs standard de leurs estimations respectives ainsi que du test de Student y relatif; p est la plus petite valeur de probabilité de se tromper en concluant que le test de Student est significatif alors qu'il ne l'est pas en réalité.

Les indices d'évaluation du modèle de simulation de la pluviométrie mensuelle sont respectivement:

$\sigma = 9,769$; $R^2 = 0,767$; $R^2 \text{ aj.} = 0,757$ en saison sèche et

$\sigma = 77,031$; $R^2 = 0,879$; $R^2 \text{ aj.} = 0,875$ en saison des pluies.

La pluviométrie est donc mieux simulée en saison pluvieuse ($R^2=0,879$) qu'en saison sèche ($R^2=0,767$), la valeur plus grande de la déviation standard de l'erreur étant due au fait que les données pluviométriques sont beaucoup plus élevées au cours de la saison des pluies. La moyenne géométrique du ratio d'erreur (MGRE) et l'écart-type géométrique du ratio d'erreur (ETGRE) ont été calculés pour l'ensemble des données simulées et sont respectivement de 1,354 et 2,257. Ces valeurs sont assez proches de 1. Les 2 modèles prédisent donc la pluviométrie moyenne mensuelle de manière satisfaisante, comme le montre la figure 1a. Le modèle est très fiable pour des normales mensuelles n'excédant pas 350 mm; il a tendance à sous-estimer les valeurs lors des grandes pluies de mousson qui surviennent dans les basses latitudes côtières.

Tableau 1a

Algorithmes des équations de simulation des normales climatiques: pluviométrie mensuelle en mm

Variable	Coefficient β_1	Erreur Std	Niv. de signification (prob. p)
<i>Saison sèche: PL en mm/mois $\leq 2(TMOY)$ en °C</i>			
M	21,22815	2,621806	0,0001
LA	30,42426	4,811569	0,0001
AL	0,01517	0,012107	0,2112
LO	2,91066	1,833790	0,1135
TMAX	-2,39365	0,437975	0,0001
M ²	-1,60364	0,440492	0,0003
LA ²	-4,22025	0,549835	0,0001
AL ²	-3,86E-5	1,728E-5	0,0263
LO ²	-0,24258	0,149191	0,1050
LA ³	0,16300	0,020335	0,0001
AL ³	1,158E-8	1,000E-8	0,0735
LO ³	0,00626	0,003757	0,0965

$\sigma=9,769$ $R^2=0,767$ $R^2_{aj}=0,757$

Saison des pluies: PL en mm/mois $> 2(TMOY)$ en °C

LA	53,83529	28,759104	0,0619
AL	-0,35409	0,062879	0,0001
LO	69,95621	11,504199	0,0001
TMAX	-8,37280	2,835655	0,0033
M ²	11,23641	5,093319	0,0279
LA ²	-7,89814	3,643299	0,0307
AL ²	3,66E-4	0,9197E-4	0,0001
LO ²	-5,53126	0,950689	0,0001
M ³	-0,94288	0,270950	0,0006
LA ³	0,31442	0,149588	0,0361
AL ³	-1,20E-7	0,300E-7	0,0004
LO ³	0,13278	0,024281	0,0001

$\sigma=77,031$ $R^2=0,879$ $R^2_{aj}=0,875$ MGRE= 1,354 ETGRE= 2,257

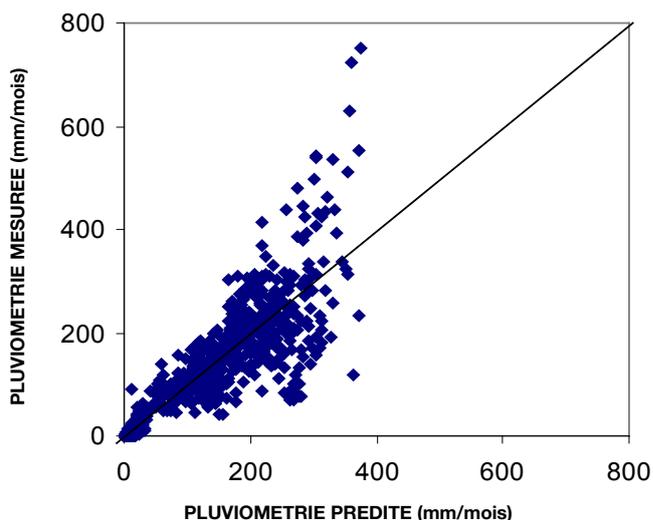


Figure 1a: Normales climatiques mensuelles mesurées vs simulées dans 66 stations agroclimatiques d'Afrique Centrale (792 données): pluviométrie moyenne en mm.

Température maximale moyenne mensuelle de l'air

Les paramètres de l'équation de simulation des normales mensuelles de température maximale de l'air sont résumés dans le tableau 1b. Les indices d'évaluation du modèle sont tous très satisfaisants. La déviation standard de l'erreur est très faible ($\sigma=1,854$). La variance de la température maximale moyenne est expliquée à 99,7% par ce modèle. De plus MGRE est égal à 0,9998 et ETGRE= 1,0590; valeurs toutes très proches de 1, ce qui dénote une égalité presque parfaite entre les données observées et les données prédites (27). Ce constat est confirmé par la figure 1b où l'on observe une très bonne concordance entre les températures mesurées et leurs valeurs prédites.

Tableau 1b

Température maximale mensuelle en °C

Variable	Coefficient β_1	Erreur Std	Niv. de signification (prob. p)
M	3,48060	0,235305	0,0001
AL	0,00301	0,001215	0,0135
LA	7,79907	0,313808	0,0001
LO	1,49004	0,191861	0,0001
M ²	-0,77614	0,041317	0,0001
AL ²	-1,11E-5	0,17E-5	0,0001
LA ²	-0,85966	0,042735	0,0001
LO ²	-0,08820	0,016192	0,0001
M ³	0,04281	0,002099	0,0001
AL ³	3,6836E-9	0,000000	0,0001
LA ³	0,03178	0,001801	0,0001
LO ³	0,00177	0,000418	0,0001

$\sigma=1,854$ $R^2=0,997$ $R^2_{aj}=0,997$ MGRE= 0,9998 ETGRE= 1,0590

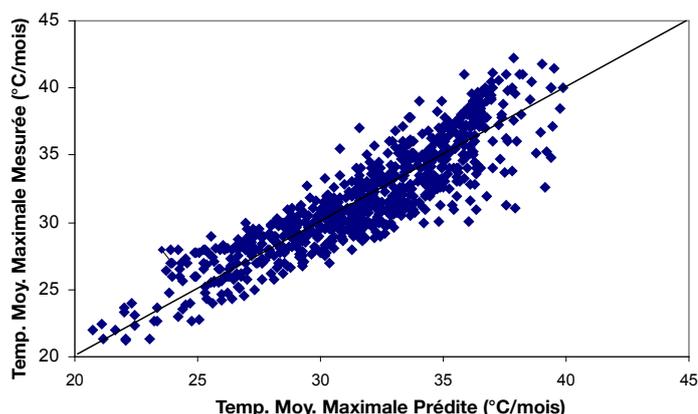


Figure 1b: Température maximale moyenne en °C.

Température minimale moyenne mensuelle de l'air

Le tableau 1c donne les paramètres de l'équation de simulation des températures moyennes minimales mensuelles. Comme précédemment, les indices d'évaluation statistique du modèle sont très satisfaisants ($\sigma = 1,979$; $R^2 = 0,990$; $MGRE = 1,0035$; $ETGRE = 1,1160$). La figure 1c confirme les bons résultats obtenus par ce modèle.

Tableau 1c
Température minimale mensuelle en °C

Variable	Coefficient β_1	Erreur Std	Niv. de signification (prob. p)
M	3,72370	0,250869	0,0001
AL	-0,00570	0,000197	0,0001
LA	5,04717	0,334776	0,0001
LO	0,85021	0,204263	0,0001
M ²	-0,47318	0,044061	0,0001
LA ²	-0,62075	0,045591	0,0001
LO ²	-0,05502	0,017286	0,0015
M ³	0,01588	0,002239	0,0001
LA ³	0,02343	0,001922	0,0001
LO ³	0,00104	0,000446	0,0207

$$\sigma = 1,979 \quad R^2 = 0,990 \quad R^2_{aj} = 0,990 \quad MGRE = 1,0035 \quad ETGRE = 1,1160$$

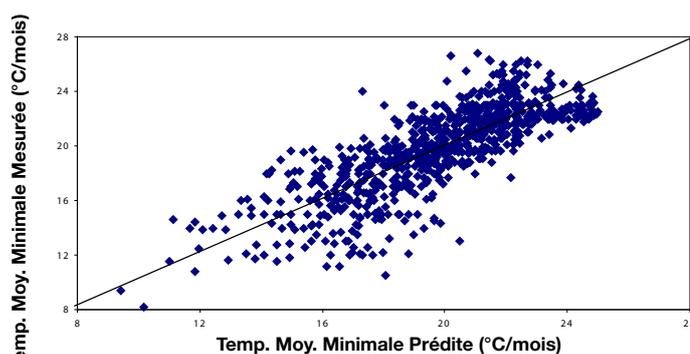


Figure 1c: Température minimale moyenne en °C.

Nombre moyen d'heures d'insolation mensuelle

Le nombre moyen d'heures d'ensoleillement mensuel est estimé par l'équation dont les paramètres sont consignés dans le tableau 1d où la variable PL représente la pluviométrie du mois en mm. Les indices d'évaluation et la figure 1d montrent que ce modèle prédit l'ensoleillement mensuel de manière très satisfaisante.

Il convient de remarquer que pour tous ces modèles, nous n'avons pas eu d'effet de covariance entre les variables utilisées. Par ailleurs, on peut noter que les valeurs de R^2 et R^2 ajusté sont restées pratiquement égales dans chacun des modèles retenus, ce qui veut dire qu'aucun d'entre eux n'est surparamétré (12).

Tableau 1d
Durée d'insolation mensuelle en heures

Variable	Coefficient β_1	Erreur Std	Niv. de signification (prob. p)
M	13,42784	3,412988	0,0001
LA	28,97983	4,403977	0,0001
LO	19,20921	2,706271	0,0001
PL	-0,14487	0,049763	0,0037
M ²	-4,92838	0,608004	0,0001
LA ²	-1,83331	0,600818	0,0024
LO ²	-1,14424	0,230652	0,0001
M ³	0,33769	0,033309	0,0001
LA ³	0,05240	0,025305	0,0387
LO ³	0,02335	0,005971	0,0001
PL ³	0,251E-6	0,18E-6	0,1583

$$\sigma = 25,992 \quad R^2 = 0,986 \quad R^2_{aj} = 0,986 \quad MGRE = 1,0107 \quad ETGRE = 1,1756$$

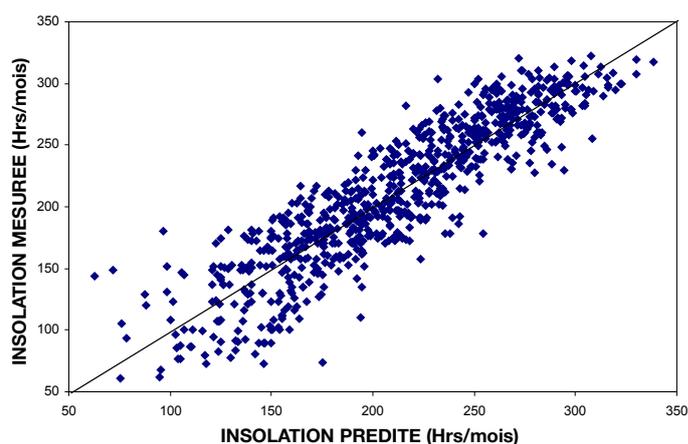


Figure 1d: Insolation moyenne en heures.

Conclusion et recommandations

Le climat joue un rôle primordial dans la pédogenèse et la productivité agricole des terres. Dans de nombreuses régions d'Afrique tropicale, le manque de normales climatiques sur de vastes étendues ne permet pas une

évaluation biophysique quantitative des terres. Les modèles proposés dans cet article peuvent ainsi pallier à l'absence de données climatiques dans l'ensemble du territoire camerounais et dans les pays limitrophes situés à des latitudes similaires. Ces modèles ont l'avantage de ne nécessiter que les paramètres

de positionnement des lieux. Ils peuvent ainsi permettre, grâce à l'usage des systèmes d'information géographique, de faire des études agroécologiques détaillées même dans les régions à relief fortement contrasté.

Références bibliographiques

1. Bruhn J.A., Fry W.E. & Fick G.W., 1980, Simulation of daily weather data using theoretical probability distributions. *J. Appl. Meteorol.* 19, 1029-1036.
2. Buchan G.D., Grewal K.S. & Robson A.B., 1993, Improved models of particle-size distribution: an illustration of model comparison techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 901-908.
3. Choïsnel E. & Payen D., 1988, Les climats de la France. La recherche météo: supplément n° 201 de la recherche, 32-41.
4. Direction de la Météorologie Nationale, Cameroun, 1960-1990, Bulletins météorologiques mensuels du Cameroun.
5. Doorenbos J. & Kassam A.H., 1979, Yield response to water. *FAO irrigation and drainage paper n° 33*. FAO, Rome. 193 p.
6. Duchaufour Ph., 1997, Abrégé de pédologie, 5^e édition. Masson, Paris. 291 p.
7. Estienne P. & Godard A., 1978, Climatologie. Armand Colin, Paris, 365 p.
8. FAO, 1984, Données agrométéorologiques pour l'Afrique. Volume 1. Pays au nord de l'équateur. Collection FAO: Production végétale et protection des plantes n° 22, FAO, Rome.
9. FAO, 1988, Directives: évaluation des terres pour l'agriculture pluviale. Bulletin pédologique n° 52, FAO, Rome. 220 p.
10. Fofoula-Georgiou E. & Guttorp P., 1986, Compatibility of continuous rainfall occurrence models with discrete rainfall observations. *Water Resources Res.*, 22, 1316-1322.
11. Fofoula-Georgiou E. & Lettenmaier D.P., 1987, A Markov renewal model for rainfall occurrences. *Water Resources Res.*, 23: 875-884.
12. Freund R.J., Littell R.C. & Spector P.C., 1986, SAS system for linear models. SAS series in statistical applications. SAS Institute Inc. Cary, NC. 211 p.
13. Gates R.S. & Timmons M.B., 1988, Method to assess economic risk applied to environmental control options for animal housing. *Trans. ASAE*, 31, 197-201.
14. Kern J.S., 1995, Evaluation of soil water retention models based on basic soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1134-1141.
15. Kline D.E., Bender D.A. & Nieber J.L., 1987, Modified regression approach for modeling probability distributions. *Trans. ASAE*, 30, 697-702.
16. Mahop F., 1996, Elaboration d'un modèle d'évaluation biophysique et économique pour la culture cotonnière (*Gossypium hirsutum* L.). Etude de cas: nord-Cameroun. Thèse de doctorat en science, Fac. Sc. Université de Gand, Belgique, 342 p.
17. Mettrick H., 1994, Recherche agricole orientée vers le développement. ICRA, Wageningen, 238 p.
18. Nicks A.D. & Harp J.F., 1980, Stochastic generation of temperature and solar radiation data. *J. Hydrol.* 48, 1-17.
19. Pastre C., 1988, Les outils de la météorologie. La recherche météo: Supplément n° 201 de la recherche, 8-12.
20. Richardson C.W., 1981, Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. *Water Resources Res.* 17, 182-190.
21. Rojiani K.B., Tarbell K.A., Shanholtz V.O. & Woeste F.E., 1985, Simulation of correlated rainfall amount and duration data. *Trans. ASAE*, 28, 129-132.
22. SAS Institute Inc., 1999, SAS/STAT user's guide, version 6, 4th edition, vol. 1. Cary, N.C.
23. Smith J.A. & Karr A.F., 1985, Parameter estimation for a model of space-time rainfall. *Water Resources Res.* 21, 1251-1257.
24. Sys C., Van Ranst E. & Debaveye J., 1991, Land evaluation, part I. *Agricultural Publications n° 7 GADC*, Brussels, Belgium. 274 p.
25. Van Tassell L.W., Richardson J.W. & Conner J.R., 1990, Simulation of meteorological data for use in agricultural production studies. *Agricultural Systems* 34: 319-336.
26. Tietje O. & Hennings V., 1996, Accuracy of the saturated hydraulic conductivity prediction by pedo-transfer functions compared to the variability within FAO textural classes. *Geoderma*, 69, 71-84.
27. Wagner B., Tarnawski V.R., Hennings V., Müller U., Wessolek G. & R. Plagge, 2001, Evaluation of pedo-transfer functions for unsaturated soil hydraulic conductivity using an independent data set. *Geoderma*, 102, 275-297.
28. Wilks D.S., 1989, Conditioning stochastic daily precipitation models on total monthly precipitation. *Water Resources Res.* 25, 1429-1439.

M. Okomo, Camerounais, Titulaire d'un Ph.D en Sciences du sol, Chef du Département des Sciences du sol à la Faculté d'agronomie et des Sciences agricoles de l'Université de Dschang, Enseignant, Chercheur.

Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: II. Balance de fósforo

D. López -Hernández ¹, D. Sequera ¹ & E. Medina ²

Keywords: Sugar cane- Phosphorus- Nutrient cycling- Ashes- Mollisols- Venezuela

Resumen

Se analiza la aplicación del estudio de los ciclos de nutrientes en la determinación de los requerimientos de fertilizantes fosforados en el cultivo de caña de azúcar. El análisis se efectuó en una parcela experimental de 4.5 ha cultivada con las variedades Puerto Rico 1028 y Venezuela 58-4, en el valle del río Yaracuy, en el centro de Venezuela. A lo largo de un año de crecimiento (3^o soca) se midieron los principales flujos de fósforo en el sistema, así como también las cantidades de este elemento en los componentes suelo-planta. Las entradas por precipitación (húmeda y seca) fueron altas, lo que se asocia con la intensa actividad agrícola (quema de plantaciones) e industrial que se produce en la zona. El balance anual de fósforo en el sistema para ambas variedades es negativo (-17 y - 23.3 kg. ha⁻¹ para la variedades V 58-4 y PR 1028, respectivamente), asociado principalmente a los altos niveles de P que se exportan vía caña molible. Estas pérdidas deben compensarse con la aplicación de fertilizantes, sin embargo no se encontró respuesta a la fertilización con P, lo que indica que las reservas internas del elemento vía mineralización y solubilización operan de manera eficiente en este mollisol generando niveles adecuados de P disponible. Por otro lado, se encontró que la quema juega en este agrosistema un papel muy importante en el reciclaje del P, ya que reincorpora al suelo a través de las cenizas una cantidad entre el 25-30% de los requerimientos de las variedades estudiadas.

Summary

Element Budgets in a Sugarcane Agroecosystem: II. Phosphorus Budget

The paper considers the application of the studies of nutrient cycling on the determination of phosphorus requirements in sugarcane plantations. The work was performed in a 4.5 ha experimental plot located in the valley of Yaracuy river in central, Venezuela. The plot was planted with the varieties Puerto Rico (PR) 1028 and Venezuela (V) 58-4. The principal flows of phosphorus, as well the quantities of this element in the soil-plant components were measured throughout the growing cycle of the crop (second ratoon). The inputs through precipitation (wet and dry) were high, that was associated with the intense agricultural (prescribed burning of sugarcane plantation) and industrial activities occurring in the area. The annual balance for both varieties was negative (-17 and - 23.3 kg.ha⁻¹ for V 58-4 and PR 1028, respectively). The negative budget is mainly due to the important amounts of P that are exported with the cane stems. The losses must be compensated though fertilisation, nonetheless, preliminary results indicated no response to P dressing, suggesting that in the studied mollisol the internal processes e.g. P mineralization and P solubilization, efficiently operate generating important available P levels. It was also found that the burning of the sugar cane plantation plays an important role in the recycling of phosphorus, since 25-30% of the P requirements of the varieties are reincorporated into the soil from the ashes.

Introducción

Durante muchas décadas el valle del río Yaracuy en el centro de Venezuela ha sido una zona de producción de caña de azúcar. La misma, sin embargo ha experimentado, al igual que otras localidades del país, una reducción drástica en los niveles productivos de este renglón (24). Tal situación se ha atribuido en parte al abandono de la práctica de fertilización generada por la eliminación de subsidios. No obstante esto, ensayos preliminares de fertilización (NPK), a diferentes variedades de caña de azúcar indican que en la zona no hay respuesta del cultivo, en particular a la fertilización con P (24). Como los

suelos donde se han establecidos estos ensayos son mollisoles, con niveles apropiados de P disponible, los resultados sugieren que es prácticamente innecesaria la fertilización fosforada, sugiriéndose, por tanto, tan solo una fertilización de mantenimiento del orden de 50 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple. Sin embargo, la cosecha anual de caña molible (alrededor de 60- 100 ton.ha⁻¹) y los procesos de quema, práctica común de manejo de las plantaciones en Sur América (30), conlleva a la pérdidas de cantidades significativas de nutrientes (N, P, K) en estos sistemas agrícolas; estas pérdidas deben ser renovadas en base a i) fertilización o ii) por

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

²Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

Recibido el 20.05.03 y aprobado para su publicación el 17.12.04.

un ciclaje interno de los elementos, vía mineralización y solubilización de adecuadas fuentes internas. En el caso específico del P, la segunda situación estaría fuera de consideración en los suelos altamente meteorizados del trópico (oxisoles, ultisoles) por sus escasas reservas de P total (Pt) y disponible (12, 28) lo que obliga a una mínima fertilización, no así en el caso de los mollisoles de las zonas templadas y tropicales, donde la reserva de P potencialmente aprovechable por mineralización o solubilización son pertinentes y hacen para algunos renglones innecesaria la fertilización (1, 6, 15, 21).

Este trabajo es un intento de cuantificar la distribución del P durante un periodo de crecimiento en una plantación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) enfocándose en los procesos relacionados con el ciclaje del elemento. Como resultado, se desarrollará un esquema simple que permita la integración de todos los aspectos antes mencionados, que involucre la dinámica del P en el subsistema suelo-planta y permita la predicción de los requerimientos de fertilización en el área estudiada.

Area de estudio

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

Se seleccionaron 4 parcelas de 300 m² cada una dentro de un área experimental de 4,5 ha, cultivada con *Saccharum officinarum* L. Dos de las parcelas fueron sembradas con la variedad Puerto Rico (PR) 1028 y las otras dos con la variedad Venezuela (V) 58-4 (24). El clima de la zona se caracteriza como húmedo con una precipitación y una temperatura promedio anual de 1479 mm y 26,8 °C, respectivamente. La época lluviosa se presenta entre los meses de mayo a noviembre y la época seca desde diciembre a abril (20, 25).

El suelo de la parcela experimental pertenece al orden Mollisol, régimen Aquico, familia, Typic Haplaquoll, franca finca, isohipertérmica, muscovítica, montmorrillonítica, caolinitica (J.L. Berroterán, comunicación personal, 1984). Se realizan como practicas común en el cultivo la aplicación de malatión para control de plagas, asimismo se fertiliza anualmente con 500 kg. ha⁻¹ de urea, 50 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple y 100 kg.ha⁻¹ de cloruro de potasio.

Metodos

Muestreo de aguas

Los muestreos de las aguas de lluvia, escurrimiento foliar (agua no interceptada por el cultivo) y percolación se realizaron semanalmente para un total de 17 meses, aunque los resultados se presentan para un periodo de un año. Se instalaron cinco recolectores de lluvia, cuya altura de 4 m garantizaba la recolección por encima del dosel del cultivo. Así mismo se colocaron

veinte recolectores de 30 cm de altura, ubicados bajo el follaje del cultivo para captar las aguas proveniente del escurrimiento foliar. Para la recolección de las aguas de percolación, se colocaron diez lisímetros libres de tensión enterrados a 60 cm de profundidad. La disposición en el campo de los distintos colectores de agua, fue hecha al azar en el área experimental. Las muestras de agua fueron recogidas semanalmente, preservándose con acetato fenil mercúrico 0.01 en dioxano. Posteriormente se trasladaron al laboratorio para la medición de los volúmenes correspondientes, se filtraron al vacío con filtros miliporos de 0.45 μ de diámetro y se almacenaron en la oscuridad a 25 °C para el posterior análisis de fósforo soluble. Mayores detalles de los colectores de lluvia, escurrimiento foliar y lisímetros se describen en Infante *et al.* (8). El volumen de agua por percolación fue estimado mediante balances hídricos diarios elaborados para la zona durante el período de muestreo con los datos climatológicos de una estación que fue instalada para este trabajo.

La evapotranspiración potencial se calculó según la ecuación propuesta por García y López (4), la evapotranspiración real según el método de Thornthwaite y Mather (29) y la cantidad de agua percolada se estimó usando el método propuesto por Sánchez-Carrillo y Quintero (22). El agua interceptada por el cultivo se calculó mediante ecuaciones de regresión múltiple que relacionan el porcentaje de precipitación interceptado por el follaje con la precipitación y edad del cultivo.

Muestreo de suelos

En cinco épocas diferentes del desarrollo de la caña se tomaron 40 muestras al azar con barreno, hasta la profundidad de 30 cm. Las mismas se unieron con la finalidad de obtener muestras compuestas a la cuales se les determinaron fósforo total (Pt) y fósforo orgánico (Po) mediante el método de ignición de Legg y Black (10). Adicionalmente se determinaron las formas disponibles de Po de acuerdo al fraccionamiento de Bowman y Cole (2).

Muestreo de vegetación

Parte aérea: Para la medición del crecimiento del cultivo y la concentración de fósforo total en los tejidos de los diferentes órganos, se realizaron cortes a ras del suelo, a lo largo del periodo experimental; en los mismos, para cada variedad, se cosecharon (por triplicados) 3 m lineales de caña de azúcar de acuerdo a la metodología empleada por San José y Medina (23), el material fue separado en hojas vivas (Material Fotosintéticamente Activo-MFA), tallos y material muerto (hojas y tallos secos tanto en pie como en el suelo). Las diferentes fracciones eran pesadas directamente en el campo con una balanza colgante de 20 kg y se extraía una alícuota para ser trasladada al laboratorio. Una vez en el mismo se mantenía en estufa a 60 °C hasta peso constante. Con

estos datos se calculó la biomasa aérea para cada fracción sobre la base de peso seco por unidad del terreno cultivado. Posterior al secado, las muestras de vegetación fueron molidas, y se almacenaron para su posterior digestión y análisis de P total.

Biomasa radical: La biomasa radical, fue estimada a partir del material presente en monolitos de suelo de 1 m² (3 réplicas por variedad) hasta 30 cm de profundidad. Este procedimiento se utilizó en los primeros meses de crecimiento de la caña. En los períodos restantes se extrajo la macolla y se tomaban muestras con barreno a 30 cm de profundidad y a 0, 25, 50 y 75 cm de distancia del centro de la macolla de acuerdo a la metodología empleada por Lima (11). En cualquiera de las formas de muestreo, el suelo era separado del material radical mediante lavado con agua. Las raíces eran luego colocadas en estufa hasta peso constante y referido el peso a unidad de área. Para evaluar la desaparición radical del cultivo, se instalaron en el campo, a 20 cm de profundidad, veinte bolsas de plástico de 2 mm de malla, cada bolsa contenía una mezcla de suelo y 20 g de material radical fresco. Al cabo de diferentes períodos de incubación, cuatro bolsas en cada fecha eran retiradas, y trasladadas al laboratorio donde las raíces eran separadas y colocadas en estufa hasta el peso constante y posterior determinación de fósforo total remanente. Los valores de desaparición radical del cultivo fueron ajustados al modelo exponencial negativo descrito por Olson (18). El nivel de confianza establecido fue de $P < 0.01$.

Muestreo de cenizas: En el cultivo de caña es práctica común realizar una quema previa a la cosecha con el objeto de eliminar las hojas (verdes y secas), así como los tallos secos no comerciales. Con la finalidad de obtener muestras de las cenizas se colocaron en el campo 8 recolectores metálicos distribuidos al azar de acuerdo al protocolo presentado por Pulido y Vallejo-Torres y López-Hernández (20, 30), estas cenizas fueron trasladadas al laboratorio donde se determinó P total.

Análisis químico de las muestras

El fósforo soluble en las aguas de lluvia, escurrimiento foliar y lixiviación, posterior al filtrado con miliporo, al igual que las muestras de Pt y Po fueron analizadas directamente por el método de Murphy y Riley (17). El fósforo contenido en tejidos de caña de azúcar y cenizas se determinó en base a una digestión ternaria (5 ml HNO₃ + 1 ml HClO₄ 70% + 0.5 ml H₂SO₄) de un gramo del material vegetal a 200 °C hasta aclaramiento, diluyéndose posteriormente hasta 75 ml. A todas las muestras de vegetación, así como las de los ensayos de desaparición radical del cultivo se les determinó el P mediante el método de Murphy y Riley (17).

Balances de fósforo en los subsistemas

Los balances se realizaron a nivel de los subsistemas planta y suelo, para luego englobarse en un balance final anual, de los flujos que intervienen en estos procesos, se seleccionaron aquellos que ocasionan un ingreso o una pérdida neta en el ecosistema. La concentración obtenida multiplicada por la cantidad de material (expresado por unidad de peso/área), representa el contenido de P (acumulado) en cada fracción en particular.

Análisis estadístico: Se efectuaron análisis de varianza de una vía, una vez comprobada la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett (26) mediante el programa SPS (3). El nivel de confianza establecido fue de $> 0,01$. Se realizaron ajustes a un modelo de regresión específico a cada caso, entre los valores de biomasa en relación a la edad del cultivo. De la misma manera se ajustaron los valores de concentración de fósforo para cada componente del material aéreo y radical de la vegetación (7).

Resultados y discusión

Producción de biomasa y distribución de P durante el ciclo de crecimiento

En la figura 1 se muestra la biomasa del cultivo y su distribución en los diferentes órganos de las plantas para ambas variedades.

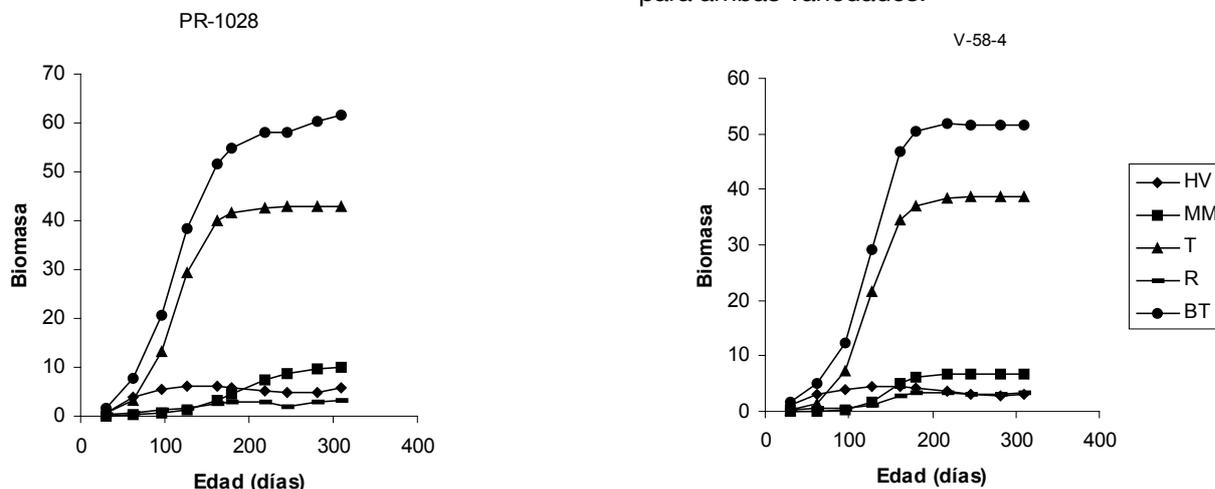


Figura 1: Producción de biomasa (ton ha⁻¹) en los diferentes tejidos. HV= Hojas Vivas MM= Material Muerto T= Tallos R= Raíces BT= Biomasa Total.

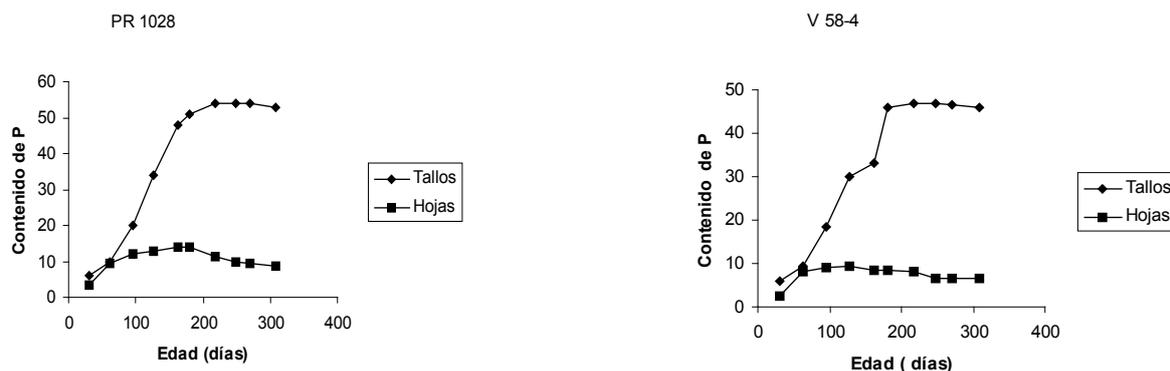


Figura 2: Contenido de P en los tejidos (kg.ha⁻¹).

Como era de esperarse, los tallos (T) representan el mayor porcentaje de la biomasa del cultivo, excepto en los primeros 60 días, cuando es superado por la biomasa de hojas vivas (HV). La producción de tallos incrementa rápidamente en las primeras etapas, por lo cual se observa un incremento de la biomasa total (BT), posteriormente el crecimiento de los tallos y de las hojas vivas se detiene, de manera que la biomasa total permanece prácticamente constante en ambas variedades (Figura 1). La producción medida de raíces (R) fue la más baja de todos los compartimientos de vegetación, aunque por la metodología usada no se descarta una cierta subestimación, ya que es posible que a través del lavado no se logre recuperar todo el material radical. El material muerto (MM) incrementa a lo largo del desarrollo del cultivo llegando a superar en ambas variedades los valores del material verde. La variedad PR-1028 produjo un rendimiento de 10 ton.ha⁻¹ superior a la variedad V-58. Patrones de crecimiento similares en caña de azúcar, han sido registrados por San José y Medina (23).

La figura 2 muestra la acumulación de P en las diferentes fracciones vegetales para la variedad PR 1028 y V 58-4.

La cantidad de P acumulado en los tallos incrementa rápidamente y casi linealmente durante los primeros 160 días (Figura 2). Después de este intervalo se estabiliza y alcanza una acumulación total de 57 y 48.8 kg.ha⁻¹ para PR 1028 y V-58, respectivamente, las curvas de desarrollo vegetativo de los tallos presentan un comportamiento similar (23). En las hojas igualmente ocurre una importante acumulación en los primeros 60 días con un máximo hacia los 180 días de crecimiento cuando comienza a disminuir la cantidad de P inmovilizado en el material verde (Figura 2). La distribución del fósforo acumulado para

ambas variedades es aproximadamente la misma y sigue el siguiente orden: 75% en los tallos, 11% se concentran en las hojas, 11% en el material seco y 3% en las raíces. Casi todo el material contenido en los tallos se cosecha (cañas molibles), por lo que son removidos del sistema 43 y 38 kg.ha⁻¹ para la variedad PR 1028 y V-58, respectivamente.

Acumulación de P y distribución en el suelo

La cantidad total de P en el suelo (hasta 30 cm profundidad) alcanzó 2498 kg.ha⁻¹ de los cuales 1907 kg.ha⁻¹ (76%) eran inorgánico y 591 kg.ha⁻¹ P-orgánico, dentro de la fracción inorgánica P-Ca es la principal reserva (13), lo cual, no es sorprendente, por tratarse de un mollisol con cantidades significativas de carbonato de calcio; por otro lado, dentro de las fracciones de Po, la moderadamente labil de acuerdo al método de Bowman y Cole (2) resultó la fracción dominante (Tabla 1).

Balance del fósforo en los subsistemas

Los diferentes flujos asociados al ciclo del fósforo serán analizados dentro del contexto de los balances mensuales a lo largo del periodo de crecimiento de la planta.

Las tablas 2 y 3 presentan los balances mensuales y el balance anual del subsistema planta para las variedades PR y V, respectivamente.

Domina dentro de este balance las entradas, tanto por absorción radical como foliar. La absorción radical en el caso de la variedad PR, supera por 10 kg.ha⁻¹ a la variedad V (Tablas 2 y 3).

Esta absorción ocurre básicamente durante los primeros seis meses de crecimiento, lo cual coincide con resultados presentados para plantaciones de Hawaii (5).

Tabla 1
Formas del fósforo (mg.kg⁻¹) en el suelo estudiado

P inorgánico	P orgánico	P total	Po moderadamente labil	Po mod. resistente
573	256	828	224	29

Tabla 2
Balance mensual de P en el subsistema planta, valores en (kg.ha⁻¹). Variedad PR 1028

Edad (días)	Absorción radical	Absorción foliar	Desaparición de raíces	Escurrimiento foliar
30	8.80	0.85	0.03	0.00
62	8.89	0.76	0.20	0.00
96	13.52	0.06	0.30	0.00
127	16.36	0.00	0.29	0.10
162	13.52	0.69	0.20	0.00
180	3.29	1.00	0.24	0.00
218	2.73	0.11	0.18	0.00
248	0.00	2.51	0.11	0.00
270	0.00	3.37	0.08	0.00
308	0.00	0.14	0.10	0.00
Suma	67.12	9.49	-1.73	-0.10
Balance 74.78				

Tabla 3
Balance mensual de P en el subsistema planta, valores en(kg.ha⁻¹). Variedad V 58-4

Edad (días)	Absorción radical	Absorción foliar	Desaparición de raíces	Escurrimiento foliar
30	8.32	0.85	0.02	0.00
62	7.45	0.76	0.18	0.00
96	11.20	0.06	0.28	0.00
127	4.45	0.00	0.27	0.10
162	11.41	0.69	0.19	0.00
180	2.19	1.00	0.22	0.00
218	2.13	0.11	0.17	0.00
248	0.00	2.51	0.10	0.00
270	0.00	3.37	0.07	0.00
308	0.00	0.14	0.09	0.00
Suma	57.15	9.49	-1.60	-0.10
Balance 64,96				

Tabla 4
Balance mensual (kg ha⁻¹) de P en el subsistema suelo. Variedad PR 1028

Edad (días)	Precipitación	Desaparición de raíces	Fert.	Quema	Lixiviación	Absorción radical	Cenizas
30	1.56	0.03	11		0.23	8.80	3.29
62	0.30	0.20			0.11	8.89	
96	0.08	0.3			0.00	13.52	
127	0.21	0.29			0.00	16.36	
162	0.24	0.20			0.33	13.52	
180	0.20	0.24			0.01	3.29	
218	0.15	0.18			0.13	2.73	
248	0.25	0.11			0.20	0.00	
270	2.47	0.08			2.07	0.00	
308	0.19	0.10		24.01	0.00	0.00	
Suma	5.64	1.73	11	24.01	-3.07	-67.12	-3.29
Balance -31.09							

También debe destacarse que la cantidad de P absorbido por las hojas del cultivo fue considerablemente alto (9.5 kg.ha⁻¹) (no se hizo discriminación entre las variedades), este valor es

consecuencia de los también significativos niveles de P que se encuentran en las aguas de lluvia de la zona (Tablas 6 y 7), lo que ha sido ampliamente discutido por Sequera *et al.* (25). Los altos niveles de

P en las aguas de precipitación están relacionados con la redistribución de las cenizas proveniente de la quema en el área, al igual que la presencia de una intensa actividad industrial que genera lluvias ácidas con valores de pH de 3.5-4.5 (25).

En el subsistema suelo (Tablas 4 y 5) al igual que en el subsistema planta, el flujo más importante es la extracción por absorción radical, la cual alcanza valores de 57 y 67 kg.ha⁻¹ para las variedades V y PR, respectivamente.

La recirculación del fósforo a través de las cenizas proveniente de la quema en la época de zafra, resulta en un retorno neto importante, las mismas alcanzan 19.4 y 24.0 kg.ha⁻¹ para V y PR, respectivamente,

así las quemas devuelven al sistema alrededor del 30% de los requerimientos de la caña de azúcar. Igualmente, de esas cenizas se pierden (no retornan al sistema) 2.28 y 3.29 kg.ha⁻¹ para las variedades V y PR, respectivamente. La otra pérdida importante de P del agrosistema, corresponde a las salidas por lixiviación, para las mismas, los resultados tampoco se discriminaron por variedad, el monto anual totalizado ascendió a 3.1 kg.ha⁻¹, valor que se considera alto de acuerdo a la información de la literatura (14, 16), sin embargo este cifra no es extrañar de acuerdo a las características particulares de este ecosistema; se trata de un mollisol, con altos niveles de P total, con dominio en la fracción de Po, de P potencialmente mineralizable (Tabla 1) y por tanto susceptible de

Tabla 5
Balance mensual (kg.ha⁻¹) de P en el subsistema suelo. Variedad V 58-4

Edad (días)	Precipitación	Desaparición de raíces	Fert.	Quema	Lixiviación	Absorción radical	Cenizas
30	1.56	0.02	11		0.23	8.32	2.28
62	0.30	0.18			0.11	7.45	
96	0.08	0.28			0.00	11.20	
127	0.21	0.27			0.00	14.45	
162	0.24	0.19			0.33	11.41	
180	0.2	0.22			0.01	2.19	
218	0.15	0.17			0.13	2.13	
248	0.25	0.10			0.20	0.00	
270	2.47	0.07			2.07	0.00	
308	0.19	0.09		19.40	0.00	0.00	
Suma	5.64	1.60	11	19.40	-3.07	-57.15	-2.28
				Balance			
				-24.90			

Tabla 6
Balance mensual (kg.ha⁻¹) de P en el sistema suelo. Variedad PR 1028

Edad (días)	Precipitación	Fertilización	Lixiviación	Cosecha	Cenizas
30	2.41	11	0.23		
62	1.06		0.11		
96	0.14		0.00		
127	0.11		0.00		
162	0.94		0.33		
180	1.20		0.01		
218	0.25		0.13		
248	2.76		0.20		
270	5.84		2.07		
308	0.33		0.00	42.98	3.28
Suma	15.04	11	-3.07	-42.98	-3.28
		Balance			
		-23.30			

Tabla 7
Balance mensual (kg.ha⁻¹) de P en el sistema suelo. Variedad V 58-4

Edad (días)	Precipitación	Fertilización	Lixiviación	Cosecha	Cenizas
30	2.41	11	0.23		
62	1.06		0.11		
96	0.14		0.00		
127	0.11		0.00		
162	0.94		0.33		
180	1.20		0.01		
218	0.25		0.13		
248	2.76		0.20		
270	5.84		2.07		
308	0.33		0.00	37.66	2.28
Suma	15.04	11	-3.07	-37.66	-2.28
		Balance			
		-16.98			

lavarse (lixiviación) sino es rápidamente incorporado por absorción radical. El mismo fenómeno ocurriría con las formas de P que sean igualmente susceptibles de ser disueltas de los materiales calcáreos por las abundantes lluvias ácidas (27).

Balance final y conclusiones

La cuantificación final del balance de fósforo para el agroecosistema estudiado indica que cada hectárea cultivada con la variedad Puerto Rico 1028 pierde 23.3 kg de P anualmente (Tabla 6), mientras que las pérdidas para la variedad Venezuela 58-4 fueron un poco más baja (17 kg.ha⁻¹.año⁻¹), (Tabla 7), por lo que se considera que bajo los niveles de fertilización como los suministrados para mantenimiento (11 kg.ha⁻¹, que corresponde a 50 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple), el sistema se encuentra en un proceso de empobrecimiento en fósforo.

Cuando se comparan los balances de fósforo del suelo con relación al sistema global, se observa que el balance neto para el suelo es más negativo, lo que se debe a que la mayor parte del P que entra al sistema por precipitación es recobrada (absorbida) por el follaje del cultivo. No obstante que experimentos preliminares indicaron que la fertilización con P en el

área de experimentación es prácticamente innecesaria (24), los balances indican pérdidas anuales, para compensar estas y evitar un empobrecimiento prematuro en P del agroecosistema, es recomendable una fertilización de al menos 25 kg.ha⁻¹. Igualmente, si se prevé una menor incorporación por precipitación, ya que los valores aquí cuantificados fueron muy altos (15 kg.ha⁻¹.año⁻¹), (Tablas 6 y 7), la misma se podría aumentar hasta 35 kg P.ha⁻¹ (160 kg.ha⁻¹ como superfosfato triple) y así poder asegurar niveles apropiados de P en el sistema. El monto negativo del balance se debe principalmente a los altos niveles de P que se exportan vía caña molible. Estas pérdidas podrían reponerse con la aplicación de fertilizantes, sin embargo el hecho de no registrarse respuesta a la fertilización con P, indica que las reservas internas del elemento vía mineralización, así como la posible disolución de los fosfatos de calcio, operan de manera eficiente en este mollisol, generando niveles adecuados de P disponible al cultivo.

Agradecimientos

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

Referencias

- Aguilar R. & Heil R.D., 1988, Soil organic carbon, nitrogen, and phosphorus quantities in northern Great Plains rangeland. *Soil Science American Journal*, 52, 1076-1081.
- Bowman R.A. & Cole C.V., 1978, Transformation of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by NaHCO₃ extraction. *Soil Science*, 125, 49-51.
- Buhyoff J.F., Rauscher H.M., Hull R.B., Killeen K. & Kirk R.C., 1982, Statistical processing system version 4,2 for Apple II. User's Manual U.S. Dept. of Agriculture. Forest Service. 115 pp.
- García Benavides J. & López Díaz J., 1970, Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico. *Agronomía Tropical*, 20, 335-345.
- Gómez Alvarez F., 1983, Caña de azúcar. Ediciones FONAIAP, Segunda Edición. Caracas. pp. 661.
- Haas H.J., Grunes H.J.D. & Riechman G.A., 1961, Phosphorus changes in Great Plains soils as influenced by cropping and manure application. *Soil Science American Proceedings*, 25, 214-218.
- Heilborn J. (ed), 1981, Science and engineering programs. Apple II. Edition. Osborne/McGraw-Hill. Berkeley. 223 pp.
- Infante C., López-Hernández D., Medina E. & Escalante G., 1993, Distribución de las formas inorgánicas del nitrógeno en los flujos hídricos de un agroecosistema tropical. *Ecotropicos*, 6, 2, 13-23.
- Jordan C.F. & Herrera R., 1981, Tropical rainforest: are nutrients really critical? *American Naturalist*, 117, 167-180.
- Legg J.O. & Black C.A., 1955, Determination of organic phosphorus in soils. II. Ignition method. *Soil Science American Proceedings*, 19, 139-143.
- Lima M., 1982, The nitrogen cycle in sugarcane in northeastern Brasil. PhD dissertation. University of Saskatchewan. Saskatoon. Canada pp. 171.

12. López-Hernández D., 1977, La química del fósforo en suelos ácidos. 123 p. Casa Editora: Ediciones de la Biblioteca. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
13. López-Hernández D., Espinosa M. & Niño M., 1989, Transformaciones en las fracciones de fósforo orgánico e inorgánico en un suelo calcáreo fertilizado. *Ciencia del Suelo*. Vol. 7, 1-2.
14. López-Hernández D., García M. & Niño M., 1994, Input and output of nutrients in a diked flooded savanna. *J. Applied Ecology*, 31, 303-312.
15. López-Hernández D., Brossard M. & Frossard E., 1998, P-Isotopic exchange values in relation to P mineralization in soils with very low P-sorbing capacities. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 30, 1663-1670.
16. Montes R. & San José J.J., 1987, La capacidad bioproductiva de sabanas. San José J.J. & Montes R. (Eds). Publicación Centro Internacional de Ecología (UNESCO/UNET). pp 545.
17. Murphy J. & Riley J., 1962, A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27, 31-36.
18. Olson J.S., 1963, Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44, 322-330.
19. Ovalles O., 1983, Informe técnico sobre aspectos edafológicos, climatológico y agroeconómicos de la zona de caña del área de influencia del Central Río Yaracuy. Mimeografiado. pp.86.
20. Pulido R., 1987, Mineralización de nitrógeno y pérdidas de nutrientes por quema en un campo de caña de azúcar. Trabajo especial de grado. Escuela de Biología U.C.V. pp. 111.
21. Ruiz J. & López-Hernández D., 1977, La mineralización del fósforo orgánico en cuatro series de suelos venezolanos. *Acta Cient. Venez.* 28, 133-137.
22. Sánchez Carrillo J. & Quintero J.O., 1981, Humedad del suelo en el campo experimental del CENIAP-Maracay. X Jornadas Agronómicas. San Cristobal. 9 pp.
23. San José J.J. & Medina E., 1970, Análisis de la productividad de la caña de azúcar. I. Crecimiento desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar PR 980. *Turrialba*, 20, 2, 143-148.
24. Sequera P.E., López-Hernández D. & Medina E., 1984, La producción de caña de azúcar en el Valle del Río Yaracuy. Caracas, EDICANPA. pp. 135.
25. Sequera D., López-Hernández D. & Medina E., 1991, Phosphorus dynamics in a sugar-cane crop. *In: International Workshop: Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Regional Workshop 3: South and Central America. Workshop SCOPE and UNEP.* Tiessen H., López-Hernández D. & Salcedo I. (Eds). Published by the University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
26. Sokal R.R. & Rohlf F.J., 1969, *Biometry*. Freeman and Company. San Francisco. 776 pp.
27. Tamm C.D. & Cowling E.B., 1977, Acidic precipitation and forest vegetation. *Water, Air and Soil Pollution*, 7, 4, 503-511.
28. Tiessen H., Stewart J.W.B. & Cole C.V., 1984, Pathways of phosphorus transformation in soil of different pedogenesis. *Soil Science American Journal*, 48, 853-858.
29. Thornthwaite W.C. & Mather J.R., 1957, Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. *Publications in Climatology*. Volume X. Concerpton, New Jersey. N.Y. USA.
30. Vallejo-Torres O. & López-Hernández D., 2001, Micronutrient content in sugarcane ashes and its effect in a sugarcane agroecosystem. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 32, 409-419.

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

Sequera D., Venezuelan, Ingeniero Agronomo, PhD en Ecología, Universidad Central de Venezuela, Investigador Asociado Instituto de Zoología Tropical, UCV.
Medina E., Venezuelan, Licenciado en Biología, PhD Agronomía, Universidad de Hohenheim, Profesor Titular e Investigador IVIC.

The Effects of Land Configuration and Wood-Shavings Mulch on the Properties of a Sandy Loam Soil in Northeast Nigeria.

2. Changes in Physical Properties

A.M. Chiroma¹, O.A. Folorunso¹ & A.B. Alhassan¹

Keywords: Ridge tillage- Land configuration- Aggregate stability- Hydraulic conductivity- Wood-shavings- Mulching- Nigeria

Summary

Mulching and ridge tillage are proven technologies for improving soil productivity in semi-arid regions. Yet data quantifying the combined influences of these practices are limited. Our objectives were to determine the changes in selected physical properties of a sandy loam after 4-years of annual tillage and wood-shavings mulching. The tillage and wood-shavings treatments consisted of: Flat bed (FB), Open ridge (OR), Tied-ridge (TR), FBM, ORM and TRM were same as FB, OR and TR, respectively except that wood-shavings at a rate of 10 t/ha were surface applied \approx 2 weeks after sowing each year to serve as both a mulch and an organic amendment.

At the end of the trial in 2002, bulk density, penetration resistance, total porosity and soil water content from each of 0-0.075, 0.075-0.15 and 0.15-0.30 m depths were determined. Composite samples from the surface (0.075 and 0.075-0.15 m) layers from 3 replicates of each treatment were also collected for the determination of wet aggregate stability and from 0-0.15 m and 0.15-0.30 m layers for determination of saturated hydraulic conductivity (K_{sat}).

After 4 years of annual tillage and addition of wood-shavings, soil bulk density and penetration resistance were consistently lower and total porosity higher in the FBM, ORM and TRM treatments than in the FB, OR and TR treatments.

Penetration resistance in all treatments was strongly related to soil water content. A 'hoe pan' was established below 0.15 m depth beneath the furrows of the ridged treatments. This could be attributed to human traffic during field operations and ponding of water, which occurred in the furrows following heavy rains.

Wet aggregate stability estimated as the proportion of aggregates of size $>$ 0.25 mm (macro-aggregates) in the 0-0.15 m layer were significantly ($P < 0.05$) higher under FBM, ORM and TRM than under FB, OR or TR treatments. K_{sat} was not influenced by either tillage or wood-shavings treatments but were higher for the mulched plots than for the bare treatments in both soil layers.

Résumé

Effets de la configuration du terrain et du paillage à la sciure de bois sur les propriétés d'un sol sablo-limoneux dans le nord-est du Nigeria.

2. Changements dans les propriétés physiques

Le paillage et le billonnage sont des techniques connues pour améliorer la productivité des sols dans les régions semi-arides. Jusque-là les données quantifiant les effets de ces pratiques sont limitées. Notre objectif est de déterminer les changements dans les propriétés choisies d'un sol sablo-limoneux après 4 ans de préparation du sol et de paillage à l'aide de la sciure de bois. Les traitements consistaient en: semis à plat (SP), semis dans le sillon ouvert (SO), semis dans le sillon fermé (SF), semis à plat + paillage à la sciure de bois (SPP), semis dans le sillon ouvert + paillage à la sciure de bois (SOP), et semis dans le sillon fermé + paillage (SFP) étaient respectivement similaires aux SP, SO, SF à l'exception du fait que de la sciure de bois à raison de 10 t/ha y avaient été appliqués annuellement 2 semaines après semis pour servir aussi bien de paillage que d'amendement organique. A la fin de l'essai en 2002, la densité apparente du sol, la résistance à la pénétration, la porosité totale et la teneur du sol en eau de chacune des profondeurs des sols suivantes: 0-0,075; 0,075-0,15 et 0,15-0,30 m ont été déterminées. Les échantillons composites des horizons de surface (0,075 et 0,075-0,15 m) provenant des 3 répétitions de chaque traitement ont été aussi prélevés pour la détermination de la stabilité de l'agrégat humide et des horizons 0-0,15 et 0,15-0,30 m pour la détermination de la conductivité hydraulique saturée (K_{sat}). Après 4 ans de préparation de sol et de d'addition de copeaux de bois, la densité du sol et la résistance à la pénétration étaient inférieures de façon consistante et la porosité totale était supérieure dans les traitements SPP, SOP et SFP par rapport aux traitements SP, SO et SF. La résistance à la pénétration dans tous les traitements était fortement en relation avec la teneur en eau du sol. Une semelle de labour s'était formée à 0,15 m en dessous des sillons. Ceci pourrait être attribué au passage des personnes lors des travaux de préparation des sols et à la stagnation de l'eau dans les sillons suite aux fortes pluies. La stabilité de l'agrégat

¹Department of Soil Science, University of Maiduguri, P.M.B. 1069, Maiduguri, Nigeria.
Received on 19.30.04. and accepted for publication on 14.03.05

humide calculée comme pourcentage des agrégats de taille > 0,25 mm (macro-agrégats) dans l'horizon 0-0,15 m était significativement plus élevée ($P < 0,05$) pour les traitements SPP, SOP et SFP que pour les traitements SP, SO et SF. K_{sat} n'était pas influencée ni par le travail du sol, ni par les traitements à la sciure de bois, mais les valeurs obtenues étaient plus élevées pour les parcelles sous paillage que les traitements sur sols nus dans les deux horizons du sol.

Introduction

Ridge tillage (RT) is a conservation tillage system that is fast gaining popularity in many dryland areas of the world (7, 8, 12). RT has been shown to improve crop growth by decreasing soil density and reducing soil resistance to root elongation (17, 26). However, the occurrence of high strength at or near the soil surface of a ridge-tilled row has been reported (1), although others found bulk density and soil strength at the surface 0-0.075 m depth to be the least in the row and the highest in the trafficked interrow (15). Numerous studies have documented increased bulk density and soil strength in trafficked interrow compared with non-trafficked interrows and rows (6, 14). While these studies documented the changes in soil physical properties created by vehicular traffic during ridge formation, only few studies have documented changes in soil physical properties brought about by the use of simple implements such as hand hoe particularly with regard to compaction in the furrow position.

Combining land configuration practices with organic solid waste management such as coir dust (22) and grass barrier strip (27) had been shown to improve soil properties and crop yields. Whereas the fertilizer value of wood-shavings mulch had been demonstrated in several studies (4, 21, 23), none where its effect on soil physical properties were seem to be the primary focus. The specific objective of this study was to establish the effectiveness or other wise of combining the land configuration practices of open and tied ridging with wood-shavings mulch for improving the physical properties of a coarse textured soil in northeast Nigeria.

Materials and methods

Site description and experimental design

This experiment was conducted at the teaching and research farm of the University of Maiduguri (11° 54' N, 13° 5' E) in northeast Nigeria between 1999 and 2002. Longterm (30 years) average annual rainfall in Maiduguri is 553 mm and the soils at the experimental site are classified as *Typic Ustipsamments* (25). The experiment was established as a randomized complete block design with six treatments and four replications. The treatments were: Flat bed (FB), Open-ridge (OR), Tied-ridge (TR), Flat bed with mulch (FBM), Open-ridge with mulch (ORM), and Tied-ridge with

mulch (TRM). The FB treatment did not receive any kind of land configuration practice. Ridges were formed manually with a hoe at 0.75 m apart and 0-0.15-0.20 m high for the OR and TR treatments. Ridges for the TR and TRM treatments were tied at 2 m intervals to create a series of basins for water conservation. For the mulch treatments, wood-shavings at the application rate of 10 t/ha were applied to the surface to act as both a mulch and organic manures at approximately 2 weeks after planting (WAP) each year. The size of the treatment plots was 10 m x 5 m with an average of < 2% slope. On all treatment plots, residues from the previous seasons harvest were carefully packed and removed prior to planting in each year. Sorghum (var. Paul Biya) was sown manually using a hoe to a depth of approximately 2-3 cm at the furrow positions in the ridge treatments and row positions in the flat beds.

Determination of physical parameters

Bulk density, total porosity, penetration resistance and soil moisture content

Triplicate undisturbed soil core samples 0.03 m in diameter and 0.05 m in height were used for the determination of bulk density and total porosity. Cores were collected from three replicates of each treatment at each of the three depths, 0-0.075 m, 0.075-0.15 m and 0.15-0.30 m. Penetration resistance was determined using a standard cone penetrometer with a cone base diameter of 0.15 m and cone angle 30° operating at 1829 mm.min⁻¹ penetration speed. Gravimetric moisture content from each of the three depths was determined at the time when all cone resistance and bulk density measurements were made. Total porosity was computed from the relationship:

$$Tp = (1 - B_d/P_d) \times 100$$

Where T_p is total porosity, B_d is bulk density and P_d is particle density (2.65 g/cm³).

Measurements of bulk density, penetration resistance and total porosity were made from the row positions of flat beds and furrow positions of ridge treatments. All measurements were made approximately one week after crop harvest in 2002.

Aggregate stability

Undisturbed core samples used for the determination

of aggregate stability were collected at the end of the fourth year of the trial in November, 2002. At sampling, 10 samples from 3 replicates of each treatment were collected from the 0-0.075, 0.075-0.15 and 0.15-0.30 m depth intervals and combined to produce a composite sample from each depth. Immediately after collection, samples were sieved through a 4 mm mesh and stored in sealed plastic bags under refrigerated condition until analysis. Wet sieving procedure of Kemper and Chepil (9) was used to determine the mean weight diameter (MWD) of the wet aggregates in this study.

Saturated hydraulic conductivity (K_{sat})

For the measurements of K_{sat} , a stainless-steel ring 0.1 m in diameter and 0.1 m height was used to collect samples at each of 0-0.15 and 0.15-0.30 m depth intervals in the furrow and row positions of the ridged and flat bed treatments, respectively. The K_{sat} of the 0-0.15 and 0.15-0.30 m layers were measured on samples collected after the crop harvest of the fourth year cropping season in November 2002 using the falling head permeameter method of Klute (11).

Statistical analysis

ANOVA was performed on all measured data using randomized complete block design. Treatment means were compared using least significant difference (LSD) test at a probability of 5%. All measured parameters were related to each other by regression.

Results and discussion

Bulk density (B_d) and Total porosity (T_p)

Results of soil B_d and T_p measurements for the various treatments made at the end of the fourth cropping season of the study (2002) are presented in table 1.

Over the three depths, mean B_d in the mulched treatments were significantly ($P < 0.05$) lower than in the bare treatments, irrespective of tillage methods. The decrease in B_d with the addition of wood-shavings is expected since the density of the wood-shaving fragments is relatively low (23) compared to that of the mineral soils. Further more, the discontinuities between the wood-chips and the soil matrix might have also contributed to further loosening the soil. Although B_d increased with depth for all treatments, variations

Table 1
Mean comparisons of bulk density, total porosity, penetration resistance and soil water content among treatments and depths

Depth (m)	FB*	OR	TR	FBM	ORM	TRM	Mean	LSD for treatments within depths
Bulk density, mg.m⁻³								
0-0.075	1.44	1.47	1.48	1.35	1.39	1.37	1.42 _y **	0.064
0.075-0.15	1.46	1.48	1.50	1.37	1.41	1.39	1.44 _y	0.056
0.15-0.30	1.50	1.51	1.52	1.51	1.50	1.51	1.51 _y	NS***
Mean	1.47 ^b	1.49 ^{ab}	1.50 ^a	1.41 ^c	1.43 ^c	1.42 ^c		
LSD for depths within treatments	0.024	0.023	2.0x10 ⁻¹⁶	0.021	0.031	0.039		
Total porosity (%)								
0-0.075	45.53	44.57	44.17	49.07	47.57	48.30	46.53 _x	2.427
0.075-0.15	44.90	44.17	43.37	48.30	46.77	47.57	45.84 _x	2.133
0.15-0.30	43.40	43.03	42.67	43.03	43.40	43.03	43.09 _y	NS
Mean	44.61 ^b	43.92 ^{bc}	43.40 ^c	46.80 ^a	45.91 ^a	46.30 ^a		
LSD for depths within treatments	0.929	0.831	NS	0.873	1.216	1.507		
Penetration resistance (kPa)								
0-0.075	661.9	735.5	772.2	550.2	583.7	560.7	644.0 _y	128.75
0.075-0.15	822.7	850.3	887.1	614.1	786.6	703.2	777.2 _z	110.35
0.15-0.30	910.1	946.8	979.0	960.6	896.3	951.4	940.7 _x	NS
Mean	798.2 ^b	844.2 ^{ab}	879.4 ^a	708.3 ^c	755.3 ^{bc}	738.4 ^{bc}		
LSD for depths within treatments	126.75	45.56	32.93	64.11	70.68	100.98		
Soil water content (gravimetric) at the time of measurement of penetration resistance (%)								
0-0.075	6.43	6.10	5.97	7.47	6.87	7.30	6.69 _x	NS
0.075-0.15	5.50	5.27	5.10	6.57	5.90	6.20	5.76 _y	0.381
0.15-0.30	4.70	4.60	4.50	4.50	4.90	4.63	4.64 _z	0.187
Mean	5.54 ^{bc}	5.32 ^c	5.19 ^{cd}	6.18 ^a	5.89 ^{ab}	6.04		
LSD for depths within treatments	0.400	0.200	0.151	0.583	0.378	1.489		

*FB= flat bed, OR= open ridge, TR= tied ridge, FBM= flat bed + mulch, ORM= open ridge + mulch, TRM= tied ridge + mulch.

**Values for main effects followed by the same letter within a column (x, y, z) or row (a,b,c,d) are not significantly different at $P < 0.05$.

***NS= not significant.

The decrease in B_d with the addition of wood-shavings is expected since the density of the wood-shaving fragments is relatively low (23) compared to that of the mineral soils. Further more, the discontinuities between the wood-chips and the soil matrix might have also contributed to further loosening the soil. Although B_d increased with depth for all treatments, variations in B_d among treatments was however confined to the soil surface (0-0.15 m depth). Coincidentally, both B_d and penetration resistance in each of the 0-0.075 m and 0.075-0.15 m depths of OR and TR were greater than in the other four treatments (Table 1). It was clear from the two soil properties that a compact layer had developed beneath the furrow positions of these two treatments. This compact layer also known as 'hoe pan' or 'plough pan' is a common feature in cultivated soils with macrostructure (2) and is thought to be caused by human traffic during field operations and ponding which often occurs in the furrow positions immediately after heavy rains (17). The different management practices only significantly ($P < 0.05$) influenced the T_p in the top 0-0.075 and 0.075-0.15 m soil layers (Table 1). Below 0.15 m depth, no significant differences in T_p were observed among the various treatments. T_p in general followed a trend quite opposite to that of B_d , with the T_p increasing as B_d decreases. The data in table 2 shows that T_p in both 0-0.075 and 0.075-0.15 m soil layers were consistently lower in the bare treatments than in the mulch treatments irrespective of tillage method.

Averaged across depth, OR and TR treatments resulted in T_p reductions of 1.5 and 2.7%, respectively, relative to the FB treatment. It is worth noting that the

magnitude of this reduction in T_p is slightly greater than the magnitude of the increase in B_d . This implies that compaction due to ridging has a greater effect on T_p than on B_d which is in agreement with the findings of Onofiok (20) who compared changes in soil physical properties due to different tillage practices.

Penetration resistance (PR) and Soil water content (SWC)

Means of soil PR at various depths for the various treatments are shown in table 1. The PR clearly reflected the differences in B_d as indicated by the highly significant relationship ($r = 0.95$, $r = 0.94$ and $r = 0.74$) at the three depths (0-0.075, 0.075-0.15 and 0.15-0.30 m) respectively between the PR and B_d . The results indicate that for all treatments, both PR and B_d increased with depth and this finding is in agreement with findings of earlier studies (15, 17). Significant differences in PR measured at the end of the trial were only found at 0-0.075 and 0.075-0.15 m depths where FBM, ORM and TRM had significantly ($P < 0.05$) lower values than the OR and TR treatments at 0-0.075 m depth. Given that the B_d and PR at the upper 0-0.15 m layer were always lower in ridged plots with mulch as compared with the ridged plots without mulch, the reductions in B_d and PR of the "ridged with mulch" treatments can therefore be attributed to the additions of the wood-shavings mulch rather than to ridging per se which is in agreement with earlier observations (3). The data on PR corroborates that of B_d measurements confirming the existence of a zone of compaction below 0.15 m depth.

It is well known (5) that cone index measurements are very sensitive to variations in soil water content.

Table 2
Proportion of water-stable aggregates from the various soil layers remaining in the various size classes after vertically oscillating for 20 times

Sampling depth (m)	Aggregate diameter (mm)	Tillage systems (% remaining of oven-dry sample initially added)						SE \pm
		FB*	OR	TR	FBM	ORM	TRM	
0-0.075	> 2 mm	0.23 ^{cd}	0.21 ^c	0.18 ^c	1.60 ^a	1.42 ^b	1.38 ^b	0.057
	1-2 mm	3.44 ^c	3.32 ^{cd}	3.22 ^d	4.14 ^a	4.03 ^{ab}	3.87 ^b	0.068
	0.5-1 mm	6.13 ^c	6.01 ^c	5.89 ^c	7.69 ^a	7.29 ^{ab}	7.11 ^b	0.176
	0.25-0.5 mm	8.96 ^b	8.84 ^b	8.80 ^b	11.14 ^a	10.89 ^a	10.85 ^a	0.171
	< 0.25 mm	81.24 ^a	81.62 ^a	81.91 ^a	75.43 ^c	76.37 ^{bc}	76.79 ^b	0.430
0.075-0.15	> 2 mm	1.14 ^a	1.12 ^a	0.11 ^a	1.20 ^a	1.31 ^a	1.28 ^a	0.057
	1-2 mm	2.39 ^c	2.33 ^c	2.28 ^c	2.58 ^{bc}	3.09 ^a	2.94 ^{ab}	0.132
	0.5-1 mm	4.66 ^b	4.51 ^b	4.43 ^b	4.98 ^{ab}	5.65 ^a	5.48 ^a	0.224
	0.25-0.5 mm	6.98 ^{cd}	6.68 ^{cd}	6.54 ^d	7.69 ^{bc}	8.76 ^a	8.62 ^{ab}	0.427
	< 0.25 mm	84.83 ^a	85.36 ^a	85.64 ^a	83.55 ^{ab}	81.19 ^c	81.68 ^{bc}	0.703
0.15-0.30	> 2 mm	0.13 ^a	0.11 ^a	0.11 ^a	0.14 ^a	0.11 ^a	0.12 ^a	0.013
	1-2 mm	2.06 ^a	2.03 ^a	2.02 ^a	2.08 ^a	2.02 ^a	2.03 ^a	0.023
	0.5-1 mm	4.46 ^a	4.41 ^a	4.35 ^a	4.52 ^a	4.32 ^a	4.37 ^a	0.129
	0.25-0.5 mm	6.51 ^a	6.39 ^a	6.18 ^a	6.53 ^a	6.12 ^a	6.35 ^a	0.152
	< 0.25 mm	86.84 ^a	87.06 ^a	87.34 ^a	86.73 ^a	87.24 ^a	87.13 ^a	0.268

*FB= flat bed, OR= open-ridge, TR= tied-ridge, FBM= flat bed + mulch, ORM= open-ridge + mulch, TRM= tied-ridge + mulch.

** Means within a row having same superscript letter are not significantly different ($P < 0.05$).

Concurrent measurements of SWC and PR at various depths showed that SWC was significantly correlated with PR ($r = -0.94$, $r = -0.92$ and $r = -0.70$) for the 0-0.075 m, 0.075-0.15 m, and 0.15-0.30 m depths, respectively). SWCs for the three depth increments at the time of PR measurement ranged from 5.19 to 6.18% (wt/wt) and were significantly ($P < 0.05$) different among treatments. Averaged over the three depths, mean SWCs in the FB treatment was lower by 10, 4 and 8% than the FBM, ORM and TRM treatments, respectively. The dependence of PR on SWC has already been established and it has been shown that PR increases with decreasing SWC due to increasing cohesion (10).

Aggregate stability

The percentages of aggregates in each size class at the 3 depths of measurement are presented in table 2. Significant differences ($P < 0.05$) in the proportion of aggregates of the various class sizes measured at the end of the trial were only found at the surface 0-0.075 and 0.075-0.15 m soil layers. Below 0.15 m in the soil profile, no significant differences exist in the proportion of aggregates of each size class. In general, however, there was a significant ($P < 0.05$) reduction in the proportion of aggregates of size > 0.25 mm (macro-aggregates) in the upper 0-0.075 and 0.075-0.15 m soil layers of the bare treatments relative to the mulch treatments, irrespective of tillage methods. The proportion of the macro-aggregates in the top 0-0.075 m layer were 19, 18, 18, 25, 24 and 23%, respectively, for FB, OR, TR, FBM, ORM and TRM plots, thus suggesting that organic matter addition increased the proportions of the macro-aggregates and reduced those of the micro-aggregates (< 0.25 mm) on these coarse textured soils. The higher values associated with the mulch treatments could be ascribed to the high organic matter accumulation under the mulch treatments (4) as has been observed by other authors who have compared the stability of aggregates between tillage treatments where residues were left on the surface and those where residues were removed (24, 27). The regression equation describing the relationship between soil organic carbon and percent of aggregate > 1 mm diameter at the 0-0.075 m depth interval is:

$$MA = -3.6 + 22(OC).$$

Where MA is percent of aggregate > 1 mm diameter and OC is soil organic carbon. In this linear relationship, 94% of the variation in MA was explained by variations in OC. The percent of aggregates > 0.84 mm in diameter, which has been used by many researchers to assess the relative susceptibility of soils to erode (24), strongly correlated with OC. Since the lower the OC, the more weakly structured the aggregates are, it is reasonable to infer from these results that soils in the bare treatments (FB, OR and TR) were less stable and more prone to breakdown by slaking as compared to the mulched treatments

(FBM, ORM and TRM) as earlier observed by Mbagwu and Bazzoffi (18). These authors showed that the larger the amount of soil organic matter, the more resistant the aggregates to dispersion by water. In a similar investigation, Lalande *et al.* (13) observed that an increase in fungal population following addition of chipped wood on to a sandy loam soil lead to an increase in the stability of the soil macro-aggregates larger than $250 \mu\text{m}$. Fungi are particularly effective in producing mucilage and possibly other compounds that increase binding. Microorganisms other than fungi have also been implicated with the production of polysaccharides and lipids, both of which contribute to soil stabilization after organic additions (29). In contrast, N'dayegamiye and Angers (19) did not detect any measurable improvement in aggregate stability after 9 years of annual addition of wood residues.

Saturated hydraulic conductivity (K_{sat})

Treatment differences in K_{sat} due to tillage and residue management were not observed in both the surface (0-0.15 m) and subsurface (0.15-0.30 m) layers (Table 3) which concurred with the results of Sharratt (24).

Table 3
Saturated hydraulic conductivity of the surface (0-0.15 m) and subsurface (0.15-0.30 m) layers as affected by land configuration and wood-shavings mulch

Treatments	Saturated hydraulic conductivity ($\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$)	
	0-0.15 m	0.15-0.30 m
FB	2.8	2.8
OR	2.7	2.6
TR	2.6	2.4
FBM	3.3	2.7
ORM	2.9	2.8
TRM	3.0	2.7
LSD _{0.05}	NS*	NS

*FB= flat bed, OR= open-ridge, TR= tied-ridge, FBM= flat bed + mulch, ORM= open-ridge + mulch, TRM= tied-ridge + mulch.

**NS= not significant

In this study, however, high within-treatment variance might have precluded the detection of significant differences among treatments. In the surface 0-0.15 m layer, K_{sat} under the bare treatments was lower (ranging from 2.6 to 2.8 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$) than in the mulch treatments (value ranging from 2.9 to 3.3 $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$). A similar trend was observed for the 0.15-0.30 m depth but the differences in K_{sat} values among treatments was much narrower (Table 3). In general, however, the reduction in soil macroporosity as a result of the loss of aggregate stability and reduction of soil organic matter (4) may explain the decrease in the saturated hydraulic conductivity of the bare treatments.

Conclusion

The results of our 4-year study showed that combining the land configuration practices with mulching improved soil porosity, bulk density and soil strength and reduced the susceptibility of the soil to erosion (greater percent

non-erodable aggregates). Although the magnitude of improvement in the soil quality is relatively small, such changes may exert some influence on crop growth. No-tillage and ridging (open or tied) in the absence

of residue mulch led to deterioration in soil quality as evidenced by loss of soil porosity and a decline in non-erodable aggregates with greater decline observed for the ridge treatments than for the no-tillage.

Literature

- Bauder J.W., Randall G.W. & Schuler R.T., 1985, Effects of tillage with controlled wheel traffic on soil properties and root growth of corn. *J. Soil Water Conserv.* 40, 382-385.
- Bennie A.T.P. & Krynauw G.N., 1985, Causes, adverse effects and control of soil compaction. *South Afr. J. Plant Soil.* 2, 109-114.
- Bielders C.L., Michels K. & Bationo A., 2002, On-farm evaluation of ridging and residue management options in a Sahelian millet-cowpea intercrop. 1. Soil quality changes. *Soil use and management*, 18, 216-222.
- Chiroma A.M., Folorunso O.A. & Alhassan A.B., 2004, The effects of land configuration and wood-shavings mulch on the properties of a sandy loam soil in northeast Nigeria. 1. Changes in soil chemical properties. (Companion paper).
- Ehlers W., Köpke U., Hesse F. & Böhm W., 1983, Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess Soil. *Soil Tillage Res.* 3, 261-275.
- Fausey N.R. & Dylla A.S., 1984, Effects of wheel traffic along one side of corn and soybean rows. *Soil Tillage Res.* 4, 147-154.
- Hatfield J.L., Allmaras R.R., Rehm G.W. & Lowery B., 1998, Ridge-tillage for corn and soybean production: environmental quality impacts. *Soil Tillage Res.* 48, 145-154.
- Hulugalle N.R., 1990, Alleviation of soil constraints to crop growth in the upland Alfisols and associated soil groups of the west African Sudan Savanna by tied-ridges. *Soil Tillage Res.* 18, 231-248.
- Kemper W.D. & Chepil W.S., 1965, Size distribution of aggregates. In: C.A. Black, (editor). *Methods of soil analysis Part 2*, pp. 499-510. American Society of Agronomy, Madison.
- Kemper W.D. & Rosenau R.C., 1984, Soil cohesion as affected by time and water content *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 1001-1006.
- Klute A., 1986, (Editors.) *Methods of soil analysis Part 1*. Agron. Monogr. 9. ASA-SSSA, Madison. W1.
- Kronen M., 1994, Water harvesting and conservation techniques for smallholder crop production systems. *Soil Tillage Res.* 32, 71-86.
- Lalande R., Furlan V., Angers D.A. & Lemieux G., 1998, Soil improvement following addition of chipped wood from twigs. *American J. Alternative Agric.*, 13, 3, 132-137.
- Larney F.J. & Kladvik E.J., 1989, Soil strength properties under four tillage systems at three long-term study sites in Indiana. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1539-1545.
- Liebig M.A., Jones A.J., Mielke L.N. & Doran J.W., 1993, Controlled wheel traffic effects on soil properties in ridge tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 1061-1066.
- Lynch J.M. & Bragg E., 1985, Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Sci.* 2, 133-172.
- Materchera S.A. & Mloza-Banda H.R., 1997, Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. *Soil Tillage Res.* 41, 13-24.
- Mbagwu J.S.C. & Bazzoffi P., 1989, Properties of soil aggregates as influenced by tillage practices. *Soil Use and Management*, 5, 180-188.
- N'dayegamiye N. & Dubé A., 1986, L'effet de l'incorporation de matières ligneuses sur l'évolution des propriétés chimiques du sol et sur la croissance des plantes. *Canadian J. Soil Sci.* 66, 623-631.
- Onofiok O.E., 1988, Spatial and temporal variability of some soil physical properties following tillage of a nigerian Paleustult. *Soil Tillage Res.* 12, 285-298.
- Roberts J.A., Daniels W.L., Bell J.C. & Martens D.C., 1988, Tall fescue production and nutrient status of southwest Virginia mine soil. *J. Environ. Qual.* 17, 55-62.
- Selvaraju R., Subbian P., Balasubramanian A. & Lal R., 1999, Land configuration and soil nutrient management options for sustainable crop production on alfisols and vertisols of southern peninsular India. *Soil Tillage Res.* 52, 203-216.
- Schoenholtz S.H., Burger J.A. & Kreh R.E., 1992, Fertilizer and organic amendment effects on mine soil properties and revegetation success. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1177-1184.
- Sharratt B.S., 1996, Tillage and straw management for modifying physical properties of a subarctic soil. *Soil Tillage Res.* 38, 239-250.
- Soil Survey Staff., 1990, *Keys to soil taxonomy*. 4th ed. Soil Management Support Services Technical Monograph, Pocahontas Press, Blacksburg, Virginia, pp. 422.
- Sow A.A., Hossner L.R., Unger P.W. & Stewart B.A., 1997, Tillage and residue effects on root growth and yields of grain sorghum following wheat. *Soil Tillage Res.* 44, 121-129.
- Suwardji P. & Eberbach P.L., 1998, Seasonal changes of physical properties of an oxic Paleustalf (Red Kandosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. *Soil Tillage Res.* 49, 65-77.
- Thapa B.B., Cassel D.K. & Garrity D.P., 1999, Ridge tillage and contour natural grass barrier strips reduce tillage erosion. *Soil Tillage Res.* 51, 341-356.
- Tisdall J.M. & Oades J.M., 1982, Organic matter and water-stable aggregate in soils, *J. Soil Sci.* 33, 141-163.

O.A. Folorunso, Nigerian, B.Sc. (Physics), University of Ibadan, Nigeria. M.Sc. and Ph.D. (Soil Physics), University of California Davis, U.S.A. Professor of Soil Physics at the Department of Soil Science University of Maiduguri, Nigeria, since 1992.

A.M. Chiroma, Nigerian, B.Sc. Agric, M.Sc. and Ph.D. (Soil and Water Management), University of Maiduguri, Nigeria. Lecturer in the Department of Soil Science, University of Maiduguri, Nigeria, since 2000.

A.B. Alhassan, Nigerian, B.Sc. Agric, M.Sc. (Soil and Water Management) University of Maiduguri, Nigeria, Ph.D. Soil and Water Management, (Cranfield University, U.K.). Senior Lecturer in the Department of Soil Science, University of Maiduguri, Nigeria, since 2001.

Influence de la variété, du temps de stockage et du taux de natron sur la cuisson des graines de niébé

A. Balla^{1*} & M. Baragé¹

Keywords: Cowpea seed- Cooking time- Storage- Natron- Niger

Résumé

Le présent travail porte sur l'influence de la variété, du temps de stockage et de l'effet de la dose du natron sur la durée de cuisson des graines de niébé. Premièrement, une analyse physico-chimique a été faite sur les quatre variétés retenues. Ensuite un test de cuisson à l'eau de ces différentes variétés a été réalisé. Des résultats obtenus, il ressort que le temps de cuisson varie selon la variété. Parmi les variétés utilisées, la K VX 30-309-6G cuit 30 minutes après le début de l'ébullition, tandis que la TN-27-80 nécessite un temps maximum de 40 minutes. Cette étude montre également que la durée de conservation influe sur le temps de cuisson des graines. Les graines les plus vieilles cuisent moins vite et présentent aussi des indices de gonflement à la cuisson plus importants. Enfin, ce travail montre que l'utilisation du natron diminue la durée de cuisson des graines. Cependant, il existe une dose critique de natron au-delà de laquelle toute augmentation du natron est sans effet sur le temps de cuisson. Sur le plan nutritionnel, on observe que l'utilisation du natron dans l'eau de cuisson apporte des éléments minéraux notamment des ions Na⁺ qui peuvent avoir un effet préjudiciable sur la santé des consommateurs à des doses plus élevées.

Summary

Influence of Variety, Storage Time and Natron Percentage on the Cooking Time of Cowpea *Vigna unguiculata* Seed

The present study is focussed on the influence of the variety, the time of storage and the natron percentage on the cooking time of cowpea seed. Firstly, a physico-chemical analysis has been made on the four retained varieties. Then a test of cooking to the water of these different varieties has been achieved. Of the gotten results, it comes out again that the cooking time depends on the varieties. Among the used varieties, the K VX 30-309-6G cooks 30 minutes after boiling point, while the TN 27-80 requires a maximum time of 40 minutes. This study also shows that the time of storage influences the cooking time of the seeds. The oldest seeds cook less quickly and also present an index swelling more important. Finally this work shows that the use of the natron decreases the cooking time of the dry beans. However, a dose critical of natron beyond which all increase of the natron is without effect on the cooking time exists. On the nutritional plan one observes that the use of the natron in the water of cooking brings mineral elements notably of the Na⁺ ions that can have a damaging effect on health when the dose is high.

Introduction

Les graines de légumineuses et notamment celles de niébé (*Vigna unguiculata*) constituent une des bases de l'alimentation des populations des régions arides tropicales d'Afrique. Au Niger, c'est la 3^{ème} culture vivrière et la première légumineuse alimentaire du pays. En effet, le niébé est l'une des principales sources de protéines, de vitamines et de minéraux appréciables par les consommateurs (12). Le niébé est consommé aux stades plantules, jeunes feuilles, jeunes gousses, gousses immatures et graines sèches; il entre dans la confection de plusieurs mets. Cependant, la cuisson des graines sèches de niébé est un procédé long et fastidieux. La lente absorption d'eau associée à la dureté des graines affecte la texture et contribue à l'allongement de la durée de cuisson (13). En effet, les graines de niébé mal cuites sont dures à la consommation et induisent des effets secondaires tels que les flatulences. Ces

facteurs, outre les contraintes d'ordre agronomiques et les problèmes de conservation après récolte s'opposent à l'utilisation alimentaire du niébé dans les pays en développement. La maîtrise des procédés de cuisson du niébé est donc un facteur important dans l'acceptation alimentaire du niébé par les consommateurs. Au Niger, pour améliorer la cuisson des graines de niébé, les procédés traditionnels domestiques de cuisson préconisent l'usage du natron comme attendrisseur. Le natron ou potasse traditionnelle est un produit d'utilisation très courante et diverse au Niger. C'est une substance minérale naturelle composée notamment de carbonate de sodium hydraté (Na₂CO₃, 10H₂O). Il est utilisé en alimentation comme adjuvant et en particulier pour accélérer la cuisson des légumes mucilagineux et aussi pour aider à la cuisson des feuilles et graines riches en substances antitrypsines (7). Le natron

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10960, Niamey, Niger. Tel. (227) 73 32 38 ou (227) 92 44 07.

*Auteur pour correspondance: email: goga@refer.ne

Reçu le 31.01.05. et accepté pour publication le 18.03.05.

confère également aux aliments une couleur et un goût caractéristiques lors de la cuisson. L'objectif de ce présent travail est d'examiner l'influence de la variété, de la durée de conservation des graines et aussi de déterminer l'effet du natron sur la cuisson à l'eau des graines sèches de niébé.

Matériel et méthodes

1. Les graines sèches de niébé et leur caractérisation

Quatre lots de graines issus de la campagne culturale 2003 ont été choisis lors de cette étude. Ces graines issues de variétés pures de niébé ont été fournies par la Faculté d'Agronomie (Niamey, Niger). Il s'agit des variétés suivantes: TN 5-78; TN 27-80; IT 89 K-374-57 et KVX 30-309-6G. D'autres lots issus des mêmes variétés, mais de campagne hivernale différente (2001) ont été utilisés pour comparer l'influence du temps de stockage sur la durée de cuisson. Il s'agit là des variétés stockées au laboratoire dans des boîtes en verre scellées au parafilm afin d'éviter l'attaque des insectes. Ces dernières variétés ont été fournies par l'Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN). La teneur en protéines des graines a été déterminée par la méthode Kjeldahl (N x 6,25) (2). La dureté des graines a été déterminée par la méthode d'évaluation du Particle Size Index (PSI) (2). Les éléments minéraux (Ca, Na, K et Fe) ont été dosés à partir des cendres obtenues par incinération des farines issues des graines selon la norme AFNOR (1).

2. Le natron

Le natron ou potasse traditionnelle est obtenue à partir des cendres issues des résidus de tiges de mil, de sorgho ou de toute autre partie de plante. Les cendres obtenues sont soumises à une lixiviation. On effectue ensuite une filtration et le filtrat récupéré est évaporé au feu ou au soleil. Les matières dissoutes se recristallisent et forment la potasse (15). Pour cette étude, la potasse traditionnelle ou natron a été achetée sur le marché locale de Lamordé à la rive droite (Niamey). Ce natron est de couleur noire cendre.

3. Le test de cuisson

Le test de cuisson a été réalisé selon la méthode suivante: 100 graines de niébé triées dans chaque lot sont mises à cuire dans un Becher contenant 100 ml d'eau préalablement portée à ébullition sur une plaque chauffante (RELPE, Espagne). La température de la plaque étant réglée sur thermostat

4/5. Les 100 graines sont introduites dans le Becher une fois l'ébullition commencée et l'on déclenche le chronomètre. A partir de la 15^{ème} minute, on prélève quatre graines qu'on coupe en deux à l'aide d'une lame et on note les observations sur leur état de cuisson: la présence de taches blanchâtres à l'intérieur des cotylédons signifie la non gélatinisation complète de l'amidon. Tandis que les graines cuites sont tendres à l'écrasement entre deux doigts et présentent un amidon gélatinisé. Le prélèvement et les observations des graines sont répétés toutes les 5 minutes jusqu'à la cuisson complète. L'indice de gonflement à la cuisson correspond au rapport entre le volume des graines cuites et celui des graines avant cuisson. Il a été déterminé en mesurant le volume des graines avant et après cuisson.

Pour l'étude de l'influence du taux de natron sur la durée de cuisson, quatre doses ont été testées (0,25%; 0,5%; 0,75% et 1%). Chaque dose est introduite dans le Becher après les graines et le même protocole est suivi jusqu'à la cuisson complète des graines. Pour l'analyse nutritionnelle, les graines cuites sont récupérées, puis mises à sécher dans une étuve pendant 24 h avant d'être broyées et conservées sous un film plastique.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques morphologiques et technologiques

Les caractéristiques morphologiques et technologiques des graines des différentes variétés sont présentées dans le tableau 1.

La dureté des quatre variétés a été déterminée par la méthode PSI, selon laquelle l'index varie de 7 (extrêmement dur) à 36 (extrêmement friable). Les résultats obtenus montrent un index qui varie de 18 à 26, ce qui situe les quatre variétés dans la plage des graines friables à modérément friables. La variété KVX 30-309-6G semble être la plus friable donc ayant le tégument le moins dur, tandis que TN 27-80, la variété la plus dur des quatre. Ce facteur de dureté est essentiellement génétique, mais peut aussi dépendre des conditions agroclimatiques comme le souligne Fourré (5). Quant au poids de 100 graines, il différencie les quatre variétés. En effet, la grosseur des graines est différente d'une variété à l'autre. La variété KVX 30-309-6G possède les graines les plus lourdes. Pour la détermination de la couleur des

Tableau 1
Caractéristiques physico-chimiques et morphologiques des graines de niébé (moyenne \pm écart-type)

Variétés	Age	Couleur	Poids 100 graines (g)	PSI %	Cendres % m.s	Protéines % m.s
TN 5-78	2003	Rouge brique	17,25 \pm 0,2	21 \pm 0,5	2,67 \pm 0,12	20,64 \pm 0,15
TN 27-80	2003	Tigrée	20,12 \pm 0,4	18 \pm 0,1	2,92 \pm 0,06	22,63 \pm 0,18
IT 89 K-374-57	2003	Blanche	16,35 \pm 0,4	22 \pm 0,5	2,91 \pm 0,06	20,92 \pm 0,20
KVX 30-309-6G	2002	Blanche	23,10 \pm 0,3	26 \pm 0,5	2,32 \pm 0,14	25,86 \pm 0,13

Le nombre de répétition n= 2 et le coefficient de variation inférieur à 5%.

graines, le catalogue des variétés (6) a été utilisé. Il donne la couleur des différentes variétés cultivées au Niger. Celle des variétés étudiées varie de blanche pour la variété la K VX 30-309-6G et l'IT 89K-374-57 à rouge brique pour la TN 5-78 en passant par la couleur tachetée ou tigrée pour la TN 27-80.

Le tableau 1 donne également la teneur en protéines des différentes variétés. Cette teneur en protéines est assez élevée comme c'est le cas chez les légumineuses. La variété K VX 30-309-6G présente la teneur la plus élevée avec 25,86% tandis que les variétés TN5-78 et TN 27-80 les plus faibles avec 20,64 et 20,92% respectivement. Cette forte teneur en protéines fait que le niébé est considéré comme un excellent supplément des céréales en Afrique sahélienne. Quant aux cendres, elles sont obtenues par incinération des farines issues des graines. Les teneurs varient de 2,32% à 2,92%. La variété TN 27-80 possède la plus grande teneur tandis que la K VX 30-309-6G la plus petite. Ces cendres représentent le contenu minéral des graines. Leur teneur à l'instar de celle des protéines ou encore la dureté des graines est un facteur dépendant des conditions agroclimatiques, notamment les sols sur lesquels sont cultivées les variétés.

2. Influence de la variété et du temps de stockage

Les temps de cuisson des différentes variétés de niébé sont représentés dans le tableau 2.

La durée de cuisson correspond au temps compris entre le début de la cuisson (ébullition de l'eau) des graines et celui où elles sont prêtes à être mangées. C'est-à-dire qu'au moins 90% des graines soient tendres à la mastication. Ce temps de cuisson varie de 30 à 40 minutes pour les variétés étudiées. La variété K VX 30-309-6G présente la durée la plus courte soit 30 minutes tandis que la TN-27-80 nécessite un temps maximum de 40 minutes. Ces résultats montrent tout d'abord que la variété a une influence sur la durée de cuisson des graines de niébé. La cuisson des graines implique la gélatinisation de l'amidon et l'attendrissement simultanée des parois cellulaires. Elle est corrélée à la perméabilité à l'eau chaude du tégument des graines, qui dépend de la structure chimique des parois cellulaires, de la dureté inhérente des cotylédons et enfin de la taille des graines (13). Lorsqu'on compare la dureté des graines des différentes variétés donnée au tableau 1, on constate que les graines les plus dures présentent des temps de cuisson relativement les plus longs (Tableau 2). La texture des graines exercerait donc une grande influence sur la cuisson des graines, en particulier sur leur mode d'hydratation et les caractéristiques des produits cuits. En effet, la dureté des graines influence le degré de cuisson en raison du gradient de cuisson depuis la surface jusqu'au cœur de la graine. Il existerait donc une corrélation directe entre la durée de cuisson et la dureté des graines. Cependant contrairement à l'observation de Singh

(11), la grosseur et le poids des graines n'influencent pas le temps de cuisson des graines de niébé, ni leur index de gonflement.

Au tableau 2, sont également représentés les indices de gonflement à la cuisson. La durée de cuisson ne semble pas être liée directement à l'indice de gonflement. Ce gonflement à la cuisson dépend de la variété. Pour les quatre variétés étudiées, IT 89 K-374-57 et K VX 30-309-6G présentent des indices de gonflement les plus importants. Néanmoins, les graines issues des quatre variétés doublent de volume après cuisson.

Tableau 2
Les temps de cuisson et les indices de gonflement des différentes variétés de niébé

Variétés	Temps de cuisson (minute)	Indice de gonflement*
TN 5-78	30	2,2
TN 27-80	40	2,4
IT 89 K-374-57	35	2,7
K VX 30-309-6G	30	2,6

Le nombre de répétition des tests de cuisson est n= 3

* rapport entre le volume des graines après cuisson et le volume avant cuisson.

Le tableau 3 montre l'influence du temps de stockage sur la durée de cuisson et également sur l'indice de gonflement à la cuisson des graines de niébé.

Les temps de cuisson des graines datant de l'hivernage 2001 et 2003 ont été comparés. Il ressort des résultats que les graines obtenues durant l'hivernage 2003 cuisent plus vite que celles obtenues en 2001 et ceci quelle que soit la variété considérée. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Arogba et Abu (3). Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que plus les graines sont vieilles plus leurs téguments sont renforcés et donc plus durs à la pénétration par l'eau lors de la cuisson. En effet, la conservation des légumineuses au-delà de six mois entraîne des modifications de qualité des graines notamment un durcissement les rendant difficiles à cuire (9). Bien avant, Michael et Varriano-Marston (8) ont démontré que des changements physico-chimiques et biochimiques interviennent au sein du tégument et des cotylédons lors du stockage des graines. Pour ces auteurs, ces changements interviennent pour 40% dans l'explication du temps de cuisson des graines de légumineuses.

Cependant, après cuisson, les graines datant de 2001 gonflent plus que celles de l'hivernage 2003. Ainsi, plus le temps de stockage est long, plus l'indice de gonflement à la cuisson est élevé. Ceci semble être dû à un changement physico-chimique au niveau des constituants de l'amidon, comme il a été observé lors de la cuisson des riz stockés longtemps après leur usinage (4).

Tableau 3
Influence de l'âge sur le temps de cuisson et l'indice de gonflement des graines du niébé

Variétés	Age	Temps de cuisson (minute)	Indice de gonflement*
TN 5-78	2003	30	2,0
TN 5-78	2001	35	2,6
TN 27-80	2003	40	2,4
TN 27-80	2001	45	2,7
IT 89 K-374-57	2003	35	2,3
IT 89 K-374-57	2001	45	2,7
KVX 30-309-6G	2003	30	2,6
KVX 30-309-6G	2001	35	3,0

Le nombre de répétition n= 2

* rapport entre le volume des graines après cuisson et le volume avant cuisson.

3. Influence du taux de natron

L'influence du natron sur la durée totale de cuisson des graines de niébé est représentée à la figure 1.

Ces résultats montrent que l'addition du natron à l'eau de cuisson diminue le temps de cuisson et cela quelle que soit la variété considérée. En effet, on observe une réduction de l'ordre de 15% du temps de cuisson. Cependant, on note que cette réduction n'intervient que pour une concentration de natron de l'ordre de 0,5% (m/m) de poids de niébé. Dans le cas de la variété TN 5-78 cette réduction n'intervient qu'avec un taux de 0,75%. Dans les deux cas, les résultats montrent l'existence d'un seuil critique à partir duquel la concentration en natron ne présente aucune influence sur le temps de cuisson des graines.

La composition du natron, notamment les ions Na⁺ seraient à la base de la cuisson plus rapide des graines de niébé. D'après Variano-Marston et Omana,

(14), ce phénomène pourrait intervenir selon deux mécanismes. Soit par échange des cations divalents au sein de la paroi du tégument des graines ou soit par amplification des réactions de β -élimination au cours desquelles les substances pectiques des cellules tégumentaires sont dégradées. D'après Uzugora (13), en plus du ramollissement du tégument suite aux dommages causés à la paroi pecto-cellulosique, l'utilisation de faible quantité de natron lors de cuisson entraîne des changements de propriétés au niveau des granules d'amidon notamment leur biréfringence.

La différence du taux de natron induisant une baisse du temps de cuisson observé entre la variété TN 5-78 et les autres serait due probablement à la teneur en tannins des graines. En effet, au vu de la couleur plus foncée (rouge brique) de la TN 5-78, celle-ci

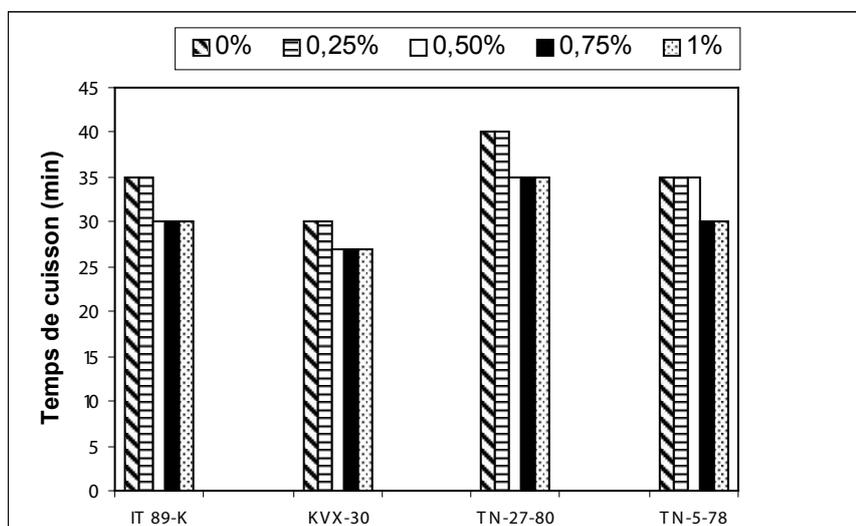


Figure 1: Influence du taux de natron sur le temps de cuisson des graines de niébé.

Tableau 4
Influence du taux de natron sur la composition nutritionnelle des graines de niébé après cuisson

Traitements des graines	Protéines % m.s	Cendres % m.s	Eléments minéraux mg/g			
			Na	K	Ca	Fe
Graines non cuites	23,76 ± 1,2	2,19 ± 0,14	18,77 ± 0,6	13,14 ± 1,7	56,1 ± 1,1	1,98 ± 0,4
Cuisson à l'eau (0% de natron)	23,13 ± 1,1	2,22 ± 0,17	18,25 ± 1,1	31,04 ± 2,1	73,0 ± 1,3	2,06 ± 0,2
Cuisson au natron (0,5% m/m)	24,06 ± 0,5	2,73 ± 0,20	139,2 ± 2,5	85,52 ± 6,5	169,0 ± 1,9	2,37 ± 0,3
Cuisson au natron (1% m/m)	24,21 ± 0,7	2,92 ± 0,15	355,6 ± 3,6	110,6 ± 8,5	256,8 ± 2,1	2,73 ± 0,5

Le nombre de répétition n= 2 et le coefficient de variation inférieur à 5%.

contiendrait beaucoup plus de tannins que les autres variétés. Ces tannins qui donnent au testa sa couleur, influencent la vitesse de pénétration de l'eau dans les graines. Cette vitesse dépendrait plus de la vitrosité et de la teneur en protéines que de la dureté des graines. Ce qui expliquerait l'utilisation d'une concentration en natron plus élevée, bien que la dureté de la TN 5-78 ne soit pas la plus élevée des quatre variétés. Néanmoins, les graines les plus résistantes requièrent une plus grande dépense énergétique pour être cuites.

Les changements nutritionnels dus à la cuisson au natron ont été étudiés. Pour cela des graines de niébé cuites en présence de 0,5% et 1% de natron ont été analysées (Tableau 4).

Il ressort que la cuisson en présence du natron augmente le niveau du sodium et des autres éléments (Ca, K et Fe) dans le niébé cuit. Ces résultats montrent que cette augmentation en Na⁺ est plus importante lorsque la dose du natron est plus élevée. Ce qui n'est pas sans conséquence si l'on considère la relation entre la consommation alimentaire des sels en Afrique sahélienne et les problèmes de haute tension artérielle. Néanmoins, la cuisson au natron améliore dans l'ensemble les caractéristiques nutritionnelles des graines de niébé. En plus de la diminution des facteurs de flatulence, des changements nutritionnels

assez importants ont été rapportés par PRONAF (10). Ces auteurs ont montré que l'utilisation de 0,5% de natron lors de la cuisson des graines de niébé réduit de 72% la teneur en composés antitrypsines, ce qui augmenterait davantage la digestibilité nutritionnelle des graines de niébé cuites en présence du natron. D'où l'intérêt de connaître la dose minimale qui diminue le temps de cuisson.

Conclusion

Cette étude a montré que le temps de cuisson est influencé par la variété. La durée de stockage des graines présente également une influence sur le temps de cuisson. Les graines stockées longtemps exigent une durée plus longue lors de la cuisson. L'utilisation du natron permet de réduire cette durée de cuisson. Cependant, on note l'existence d'une dose minimale critique permettant la réduction du temps de cuisson. Toute augmentation de natron au-delà ne réduit pas davantage le temps de cuisson mais, au contraire peut même être néfaste à la santé. En effet, la cuisson au natron apporte une grande quantité d'ions Na⁺ et une légère augmentation des autres éléments constitutifs du natron. En définitive cette étude préconise l'utilisation de dose minimale de natron permettant la réduction du temps de cuisson des graines de niébé.

Références bibliographiques

1. AFNOR (Association française de normalisation), 1982, Recueil des normes françaises des produits issus de céréales et dérivés. Première édition. Paris, la Défense. 327 p.
2. American Association of Cereal Chemist (AACC), 1983, Approved methods of the AACC: method 44-15A, approved october 1975, revised october 1981; method 55-3 approved october, 1985; the association: St Paul, MN.
3. Arogba S.S. & Abu J.D., 1999, Environmental variables affect the hard-to-cook phenomén of cowpea (*Vigna unguiculata*) seed. Plant Foods Hum. Nutr. 53, 4, 305-311.
4. FAO, 1994, Le riz dans la nutrition humaine. Rome, FAO.
5. Fourré N., Abecassis J., Bard M. & Wilm Cl., 1998, Evaluation de la dureté des blés: analyse globale ou grain par grain. Industries des Céréales, 106, 21-27.
6. INRAN, 1995, Catalogue des variétés de niébé.
7. Kologo S., 1999, Application des méthodes électrochimiques à l'analyse de la potasse traditionnelle. Mémoire de DEA de Chimie. Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 65 p.
8. Michael G.J., Varriano-Marston E., 1981, Hard-to-cook phenomén in

- beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. *Journal of Food Science*, 46, 799-803.
9. Nyabyenda P., 1987, La production des légumineuses alimentaires au Rwanda. *In: Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque organisé par l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. 79-86 Eds. AUPELF 1987.*
 10. PRONAF 2003, Utilisation du niébé et du soja pour la diversification de la production agricole. Rapport d'activités 2002.
 11. Singh N., Kaur M., Sandhu K.S. & Sodhi N.S., 2004, Physicochemical, cooking and textural characteristics of some Indian black (*Phaseolus mungo* L.) varieties. *Journal of Science Food and Agriculture*, **84**, 6, 977-982.
 12. Toudou A. & Cosal O., 1987, Les micro-organismes pathogènes du niébé *Vigna unguiculata* au Niger. 79-86. *In: Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque organisé par l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Eds. AUPELF 1987.*
 13. Uzogara S.G., Morton I.D. & Daniel J.W., 1992, Processing, microstructural and nutritional changes in cowpeas (*Vigna unguiculata*) cooked in kanwa alkaline salt. *In: Traditional African foods quality and nutrition. Proceedings of a regional workshop Dar es Salaam, Tanzania. Eds. International foundation for science (IFS).*
 14. Varriano-Marston E. & Omana D.E., 1979, Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*), *Journal of Food Science*, 44, 531-536.
 15. Zaki O., 2000, Etude physico-chimique de quelques variétés de sels originaires du Niger. Communication SOACHIM, Guinée.

A. Balla, Nigérien, Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique. Enseignant, Chercheur, Chef du département des Sciences fondamentales. Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10960, Niamey, Niger. Tel. (227) 73 32 38 ou (227) 92 44 07. Email: goga@refer.ne

M. Baragé, Nigérien, Doctorat d'Université Polytechnique de Valencia, option Biotechnologie Végétale. Enseignant, Chercheur, Chef du département des Productions végétales. Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10960, Niamey, Niger. Tel. (227) 73 32 38 ou (227) 92 44 07 Email: barage@refer.ne

Dynamique des populations naturelles de bruches et de leurs parasitoïdes nympho-larvophages en situation expérimentale de stockage du niébé en zone guinéenne

K. Amevoin¹, Isabelle A. Glitho¹, Y. Nuto¹ & J.P. Monge²

Keywords: Dynamic- Population- Cowpea- Bruchids- Parasitoids- Guinean Zone- Togo

Résumé

La dynamique des populations naturelles de bruches et de leurs parasitoïdes en situation expérimentale de stockage, dans les conditions du climat subtropical de type guinéen au Togo a été analysée. Le suivi d'échantillons de graines de niébé provenant de 5 localités situées entre 6 et 8° LN a permis de répertorier trois espèces de Bruchidae: *Callosobruchus maculatus* (F.), *Callosobruchus rhodesianus* (Pic.) et *Bruchidius atrolineatus* (Pic.). *C. maculatus* est la seule espèce de bruche qui se maintient dans les stocks. *C. rhodesianus* et *B. atrolineatus* présentant une diapause reproductrice, les adultes diapausants émergés meurent dans les stocks sans se reproduire, ce qui entraîne leur disparition. Les effectifs de *C. maculatus* sont dominants dans les stocks de toutes les localités prospectées. Ceux des deux autres espèces ont une distribution géographique inverse. *B. atrolineatus* domine dans la partie septentrionale de la zone et *C. rhodesianus* dans la partie méridionale. *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera: Pteromalidae) est l'espèce de parasitoïde nympho-larvophage présente dans les échantillons suivis. Ses effectifs initiaux sont faibles. La présence et le maintien de la population de *D. basalis* dans les stocks constituent des facteurs limitant le développement des bruches, déprédatrices des graines de niébé.

Summary

Population Dynamic of Natural Bruchids and their Larval and Pupae Parasitoids in Experimental Cowpea Storage in Guinean Zone

Population dynamic of natural bruchids and their parasitoids were analysed in Guinean subtropical climatic conditions and in an experimental storage situation in Togo. Emergence of insects from cowpea samples collected from 5 localities sited between 6 and 8° north latitude gave the opportunity to list 3 species of bruchids: *Callosobruchus maculatus* (F.), *Callosobruchus rhodesianus* (Pic.) and *Bruchidius atrolineatus* (Pic.). *B. atrolineatus* and *C. rhodesianus* under go reproductive diapause and die in the storage. *C. maculatus* was the only species which remained in cowpea storage. The last two species have inverse distribution. *B. atrolineatus* seemed to be more abundant in the northern zone whereas *C. rhodesianus* is important in the southern one. *Dinarmus basalis* Rond. (Hymenoptera: Pteromalidae) was the larval and pupae parasitoid of bruchids found in our samples. However its initial population was low. The presence and maintenance of *D. basalis* populations in stores restricted cowpea bruchids development.

Introduction

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae) est une légumineuse qui joue un rôle important dans l'équilibre alimentaire des populations des régions tropicales. Ces graines constituent une importante source de protéines pouvant combler les insuffisances en protéines animales des rations alimentaires dans les pays subsahariens. En outre, le niébé représente une source de revenus non négligeable pour les agriculteurs de l'Afrique de l'ouest. Malheureusement, toutes les phases de développement de la plante sont attaquées par des insectes (11). Dans la diversité des insectes qui se sont adaptés aux stocks de niébé figure en première place la famille des Bruchidae. Les adultes de bruches colonisent les cultures de niébé dès le début de la floraison. Les femelles pondent

sur les gousses dès que celles-ci commencent à se former (5). Les larves pénètrent dans les graines aux dépens desquelles elles assurent leur développement postembryonnaire. Larves et nymphes sont donc déjà présentes lorsque les produits de la récolte sont entreposés dans les greniers. En zone humide au Togo, trois espèces sont inféodées aux cultures et aux stocks de niébé: *Callosobruchus maculatus* (F.), *Callosobruchus rhodesianus* (Pic.) et *Bruchidius atrolineatus* (Pic.). Cependant, les conditions géophysiques et climatiques semblent influencer la répartition des espèces car, contrairement aux deux autres espèces, *C. rhodesianus* n'a pas été signalé à ce jour en zone soudanienne (nord du Togo). Les observations faites dans les cultures indiquent que

¹Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Département de Zoologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, B.P. 1515, Lomé, Togo.
E-mail: iglitho@tg.refer.org

²Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, UPRESA CNRS 6035, Parc Grandmont, Université de Tours, 37200 Tours, France.
E-mail: monge@univ-tours.fr

Reçu le 20.09.02 et accepté pour publication le 04.04.05.

les stades larvaires et nymphaux de bruches peuvent être parasités par deux espèces d'hyménoptères entomophages: *Dinarmus basalis* Rond. (Pteromalidae) et *Eulpelmus villeti* Craw. (Eupelmidae) (10). Après la récolte du niébé, les gousses et/ou les graines sont stockées dans les greniers traditionnels et la nouvelle génération d'adultes de bruches et de parasitoïdes émerge puis s'y reproduit. Les effectifs d'adultes fluctuent au cours du stockage (7).

La présente étude poursuit deux objectifs. Elle vise: (i) à préciser l'influence des conditions géophysiques et climatiques locales sur la répartition des différentes espèces de bruches et parasitoïdes en zone guinéenne à la récolte du niébé et (ii) à étudier la dynamique des populations de ces insectes en conditions de stockage expérimental afin de préciser l'impact des entomophages sur les populations de leurs hôtes.

Matériel et méthodes

Des parcelles de niébé ont été installées dans cinq localités du Togo (Lomé, Agbélouvé, Kpélé-Agavé, Béna et Kamina-Akébou). Ces localités ont été choisies en fonction de leurs particularités géophysiques et climatiques dans la zone guinéenne. Elles sont situées dans trois zones écofloristiques (zones III, IV et V) du Togo (2).

Dès la récolte dans chacune des localités, les gousses sèches sont écosées et deux échantillons de 3 kg de graines chacun sont prélevés au hasard. Chaque échantillon est stocké dans des jarres en argile cuite d'environ 20 litres. Les jarres ont été fermées à l'aide de couvercles en argile cuite dont l'étanchéité a été renforcée avec de la paraffine. Les greniers ainsi constitués (deux pour chaque localité) sont suivis dans les conditions de Lomé. Tous les 15 jours, les adultes de bruches et de parasitoïdes ont été récupérés par tamisage des graines et dénombrés. Les critères morphologiques ont permis d'identifier les différentes espèces et l'aptitude au vol a conduit à la différenciation des formes voilières et non voilières des adultes de *C. maculatus* (4, 14). Les insectes survivants ont été réintroduits dans leurs jarres respectives. Le suivi a duré 6 à 8 mois selon la date de récolte du niébé qui varie d'une localité à une autre.

Résultats et discussion

Caractéristiques géophysiques et climatiques des stations de culture du niébé

Les parcelles de niébé ont été mises en place dans la partie sud-ouest du Togo située entre 6° 07' et 7° 55' de latitude nord, 0° 47' et 1° 13' de longitude est (Tableau 1).

Cette zone jouit d'un climat subéquatorial de type guinéen caractérisé au sud (Lomé et Agbélouvé) par deux saisons des pluies (mars-juillet et septembre-octobre) séparées par deux saisons sèches. La moyenne annuelle des précipitations dépasse rarement 1000 mm et les températures moyennes annuelles varient entre 26 et 28 °C (Tableau 1). A partir de 7° 14' LN (Kpélé, Béna et Kamina), les deux saisons des pluies se fondent progressivement en une seule grande saison pluvieuse (mars à octobre), parfois interrompue par une diminution de la pluviométrie entre août et septembre. C'est la zone climatique subéquatoriale de transition. La moyenne annuelle des précipitations y est élevée et varie de 1300 à 1890 mm et les températures moyennes annuelles vont de 24 à 27 °C (Tableau 1). L'humidité relative moyenne annuelle est très élevée dans tout le sud du Togo et est restée supérieure à 80% RH pendant la période d'étude.

Influence de la latitude de la localité de culture sur la répartition des différentes espèces de bruches et de parasitoïdes

Les pourcentages sont calculés à partir des effectifs moyens d'adultes de bruches émergés au premier mois de stockage des échantillons d'une localité. Ces adultes sont considérés comme la première génération des stocks qui rend compte des différentes espèces présentes dans les cultures. Les trois espèces de Bruchidae (*C. maculatus*, *C. rhodesianus* et *B. atrolineatus*) précédemment signalées en zone guinéenne sont présentes dans toutes les cinq localités. Cependant, leurs proportions fluctuent d'une localité à l'autre (Figure 1).

Tableau 1
Caractéristiques géophysiques et climatiques des localités où le niébé est cultivé

Localités	Latitude N	Longitude E	Altitude (m)	Pluies (mm)	Températures moyennes annuelles (°C)	Humidité relative moyenne annuelle (% RH)
Lomé	6° 07'	1° 13'	20	900	27,8	79,1
Agbélouvé	6° 40'	1° 10'	120	1000	26	79,1
Kpélé-Agavé	7° 14'	0° 47'	320	1886	24,3	81,6
Béna	7° 17'	0° 55'	740	1697	24,3	81,6
Kamina-Akébou	7° 55'	0° 51'	380	1300	26,4	79,9

Source: Direction Nationale de la Météorologie (Lomé, Togo).

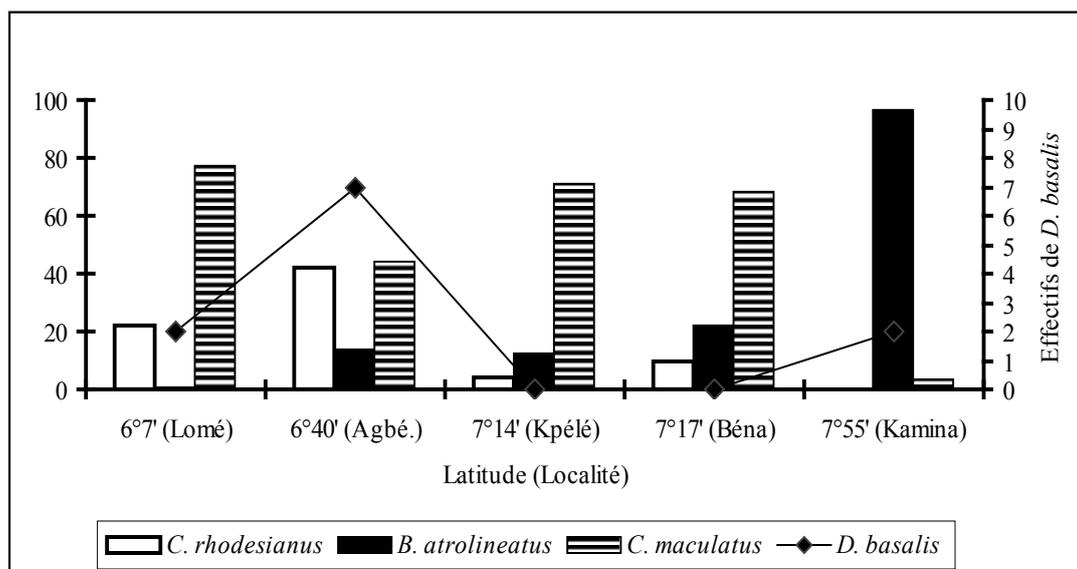


Figure 1: Variations des proportions d'adultes des différentes espèces de bruches et d'effectifs de parasitoïde émergés au premier mois de stockage en fonction de la latitude (localité) de culture du niébé.

Par rapport aux espèces du genre *Callosobruchus*, les pourcentages de *B. atrolineatus* semblent augmenter avec la latitude (de Lomé à Kamina). Inversement, ceux de *C. rhodesianus* sont plus forts aux basses latitudes (Lomé et Agbélouvé). *C. rhodesianus* semble bien s'adapter aux conditions environnementales de basses latitudes. En effet, cette espèce a été définie comme un véritable fléau pour les cultures de *V. unguiculata* au centre du Cameroun (3° 52' et 4° 44' LN) (3) alors qu'elle est absente en zone soudanienne au Togo (11° LN). Au contraire, *B. atrolineatus* paraît s'adapter beaucoup mieux aux conditions septentrionales. A Niamey au Niger (13° LN), 72 à 100% des gousses mûres sont infestées par cette espèce (8) alors qu'à Lomé (6°07 LN), seulement 7% des gousses mûres portent des œufs de *B. atrolineatus* (1).

C. maculatus, espèce plus cosmopolite, a une répartition plus aléatoire. Il est difficile d'établir une relation entre la latitude des localités et le pourcentage de *C. maculatus*. Cette espèce est numériquement importante dans toutes les localités puisqu'elle constitue 44 à 77% d'individus émergés à la première génération sauf à Kamina (3,2%).

D. basalis est la seule espèce d'hyménoptère associée aux bruches dans les stocks que nous avons suivis. Ces effectifs sont très faibles durant le premier mois de stockage sauf dans le stock d'Agbélouvé (Figure 1). La répartition de cette espèce semble également très aléatoire (Figure 1).

Fluctuations des effectifs de bruches et de leurs hyménoptères nympho-larvophages au cours du stockage

Lors du premier mois de stockage, des adultes de *C. rhodesianus* sont présents dans tous les stocks suivis. Cette espèce disparaît de tous les stocks à la fin de novembre ou de décembre selon les localités

c'est-à-dire 1 à 3 mois après le début de la mise en grenier (Figure 2).

La durée moyenne de développement de *C. rhodesianus* étant de $26,2 \pm 2,3$ jours dans les conditions de Lomé (1), nous estimons qu'une à trois générations de cette espèce seulement se développe par an dans les stocks (Figures 2a, 2d et 2e). La régression des effectifs de *C. rhodesianus* est due à l'existence d'une diapause reproductrice qui affecte précocement plus de 55% des adultes de la première génération (13). Les conditions d'apparition de la diapause chez cette espèce n'ont pas encore été étudiées. Cependant, son déterminisme semble différent de celui qui induit la diapause chez les deux autres espèces.

Les adultes de *B. atrolineatus* disparaissent également des stocks à la fin de novembre ou de janvier (Figure 2), soit 2 à 3 mois après le début de la mise en grenier. Deux à trois générations de cette espèce ont pu se développer dans les stocks. Comme pour *C. rhodesianus*, cette disparition est due à la diapause reproductrice imaginale (5). Cependant, cette diapause, plus tardive n'affecte 20 à 30% des adultes qu'à partir de la deuxième génération. Tous les adultes de la première génération sont non diapausants (5). Le principal facteur permettant l'induction de la diapause chez *B. atrolineatus* est la légère baisse des températures et les changements photopériodiques observés entre décembre et janvier (6).

De par leur disparition précoce des stocks, *C. rhodesianus* et *B. atrolineatus* sont considérés comme des espèces très peu nuisibles dans les stocks de niébé dans la zone d'étude.

Dans tous les stocks suivis, *C. maculatus* est la seule espèce qui se maintient pendant les 6 ou 8 mois

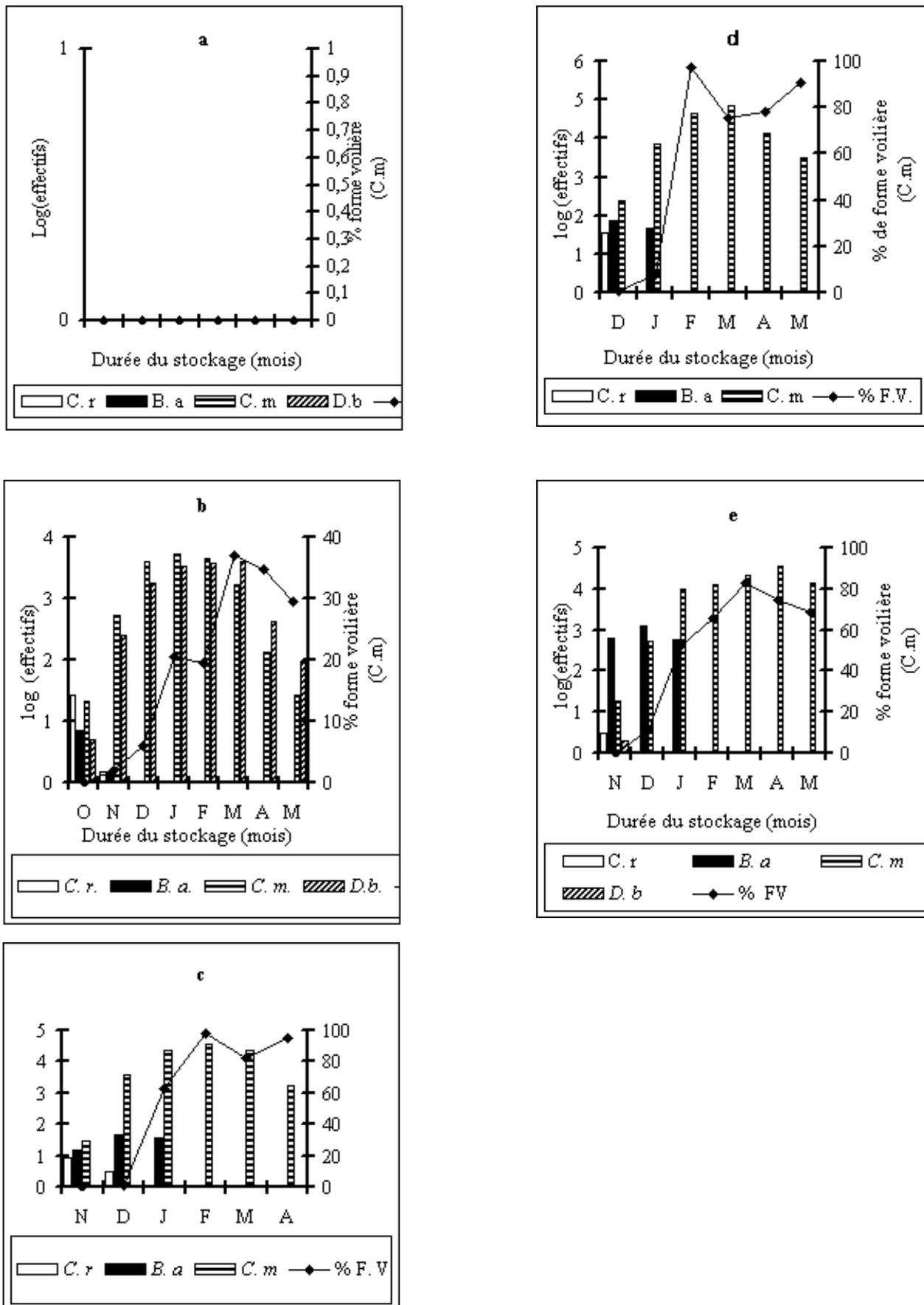


Figure 2 : Fluctuation des populations de bruches et de leur parasitoïde nympho-larvophage dans les stocks issus de la culture de Lomé (a), Abbélouvé (b), Kpélé-Agavé (c), Béna (d) et Kamina (e).
C.r: *C. rhodesianus*, B.a: *B. atrolineatus*, C.m: *C. maculatus*, F.V: Forme voilière.

de stockage (Figure 2). Ses effectifs croissent alors que ceux des deux autres espèces diminuent. On peut considérer que *C. maculatus* est responsable de l'essentiel des dégâts causés au niébé par les bruches. Toutefois, nous avons noté que la présence d'un nombre important de *D. basalis* peut influencer la dynamique des populations de cette espèce. Nous avons observé deux types d'évolution des populations qui semblent indépendants des localités de prélèvement du niébé, mais plutôt en relation avec l'abondance initiale d'adultes de *D. basalis*:

- dans les stocks de niébé contenant très peu ou pas de parasitoïde à la récolte (Lomé, Kpélé, Béna et Kamina), les effectifs de *C. maculatus* augmentent d'une façon importante au cours du stockage (Figures 2a, 2c, 2d et 2e). Six générations au moins se succèdent dans les greniers pendant les 6 mois de stockage. Tous les adultes de la première génération sont de la forme non voilière et sont très féconds. La figure 2 montre qu'un faible pourcentage d'adultes de la forme voilière apparaissent dans tous les stocks dès le deuxième mois de stockage. Leurs pourcentages augmentent au cours du temps en même temps que la dégradation des graines s'accroît (Figure 2). Le substrat de leur développement devenant ainsi peu disponible et de moindre qualité nutritive, les larves subissent un allongement de leur durée de développement. Cette stratégie d'adaptation aux conditions difficiles se traduit chez *C. maculatus* par l'apparition d'individus de la forme voilière, très peu féconds, représentant la forme de dissémination de l'espèce (4). L'augmentation de la densité larvaire intragranulaire, de la teneur en eau des graines et les variations thermiques favorisent l'apparition d'adultes voiliers dans les stocks de niébé (9). La diminution des effectifs de *C. maculatus* en fin de stockage est due à l'augmentation des pourcentages d'adultes de la forme voilière dont plus de 90% sont en diapause reproductrice (15). La diapause explique probablement la diminution des effectifs de *C. maculatus* observée en fin de stockage (Figures 2a et 2b);

- dans les deux échantillons d'Agbélouvé, les effectifs de *D. basalis* sont assez importants dès la récolte. Ce parasitoïde s'est maintenu dans les stocks pendant toute la durée du suivi (8 mois). Les effectifs d'adultes de *C. maculatus* sont beaucoup plus faibles que ceux

observés dans les stocks des autres localités (Figure 2b). La présence de *D. basalis* dans ce stock et la réponse densité-dépendante de cet hyménoptère parasitoïde semblent avoir été un facteur-limitant pour le développement de la population de *C. maculatus*.

Ces deux types de dynamique des populations de *C. maculatus* que nous venons de décrire rendent bien compte des deux cas d'infestation primaire des gousses généralement observés en zone guinéenne (10). Le taux d'infestation primaire des graines (lors de leur mise en grenier) diffère peu d'une localité à l'autre et résulte de l'infestation des gousses de niébé au champ. Il est globalement faible pour tous les échantillons suivis. Toutefois, ce faible taux d'infestation primaire est suffisant pour détruire tout un stock en 6 mois sauf si (cas rare en zone guinéenne) la pression parasitaire exercée par *D. basalis* est suffisante pour contrôler l'évolution des populations de bruches. Des essais d'introduction de quantités suffisantes de *D. basalis* dans les greniers en début de stockage ont prouvé que cette espèce de parasitoïde pouvait être utilisée efficacement dans la lutte biologique contre les bruches (12).

Dans nos conditions expérimentales, l'analyse des effectifs d'adultes d'hyménoptères nympho-larvophages émergés au cours du stockage montre que *D. basalis* est la seule espèce de parasitoïde présente dans nos échantillons (Figure 2) bien que *E. vuilleti* ait été signalé précédemment en zone guinéenne mais, toujours à des densités très faibles par rapport à *D. basalis* (13). Les facteurs climatiques de la zone guinéenne semblent mieux convenir au développement de *D. basalis*

Conclusion

Trois espèces de bruches sont présentes en zone guinéenne au Togo (*C. maculatus*, *C. rhodesianus* et *B. atrolineatus*). Seul *C. maculatus* est capable de se maintenir dans les stocks et représente l'espèce la plus nuisible dans la zone. *D. basalis* est l'espèce de parasitoïde nympho-larvophage associée aux bruches dans nos conditions expérimentales. Cependant, la population naturelle du parasitoïde n'est pas toujours suffisante pour maintenir les dégâts imputables aux bruches en-dessous d'un seuil économiquement acceptable.

Références bibliographiques

1. Amevo K., 1994, Activité reproductrice et évolution des populations de trois espèces de coléoptères Bruchidae en zone guinéenne. Mémoire de DEA, Univ. du Bénin, Lomé, 50 p.
2. Brunel J.F., Hiepko P. & Scholz H., 1984, Flore analytique du Togo, Phanérogames, GTZ Eschborn, pp. 234-316.
3. Bupfubusa Y., Rasplus J. & Fabres G., 1990, L'entomofaune associée aux gousses des légumineuses du genre *Vigna* dans différents habitats de la zone forestière du centre-Cameroun. Annales Soc. Ent. Fr. 26, 2, 203-210.
4. Caswell G.H., 1960, Observations on an abnormal form of *Callosobruchus maculatus* (F.), Bull. Ent. Res. 50, 671-680.
5. Glietho I.A., 1990, Les Bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* (Walp.) en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *Bruchidius atrolineatus* (Pic). Thèse de Doctorat, Univ. Tours, France, 100 p.
6. Monge J.P., Lenga A. & Huignard J., 1989, Induction of reproductive diapause in *Bruchidius atrolineatus* during the dry season in a sahelian zone, Entomol. Exp. Appl. 53, 95-104.
7. Monge J.P. & Huignard J., 1991, Population fluctuations of two bruchid species *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) and their parasitoids *Dinarmus basalis* (Rondani) and *Eupelmus vuilleti* (Crawford) (Hymenoptera, Pteromalidae, Eupelmidae) in storage situation in Niger. J. Afr. Zool. 105, 187-196.

8. Nuto Y., 1984, Etude de quelques aspects de l'activité reproductrice de femelles de *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) et de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coléoptères Bruchidae) en relation avec la phénologie de leur plante-hôte *Vigna unguiculata* Walp. dans la région de Niamey (Niger). Thèse de Doctorat 3^e cycle, Univ., Tours, 207 p.
9. Ouedraogo A.P., Monge J.P. & Huignard J., 1990, Importance of temperature and seed water content on induction of imaginal polymorphism in *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), Entomol. Exp. Appl. 59, 59-66.
10. Sankung B.S., 1994, Mortality factors affecting *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) under field conditions in Niger, J. Stored Prod. Res. 30, 1, 71-74.
11. Singh S. & Van Emden H.F., 1979, Insect pests of grain legumes, Ann. Rev. Entomol. 24, 255-278.
12. Sanon A., Ouedraogo A.P., Tricault Y., Credland P.F. & Huignard J., 1998, Biological control of bruchids in cowpea stores by release of *Dinarmus basalis* adults. Environ. Entomol. 27, 2, 717-725.
13. Tchassanti T.A.M., 1995, Dynamique des populations de trois coléoptères Bruchidae et de leurs parasitoïdes dans les cultures du niébé, *Vigna unguiculata* Walp. Mémoire de DEA, Univ. Bénin, Lomé, Togo, 45 p.
14. Uitda S., 1954, Phase dimorphism observed in the laboratory population of cowpea weevil *Callosobruchus maculatus*, Jap. J. Appl. Zool. 18, 161-168.
15. Zannou E.T., 2000, Analyse de quelques paramètres biologiques pour une meilleure connaissance des capacités reproductrices d'une souche béninoise de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae): caractérisation et importance de la diapause reproductrice chez les femelles du morphe voilier. Thèse de Doctorat, Univ. Lomé, Togo, 128 p.

K. Amevoin, Togolais, Doctorat unique, Maître Assistant, Enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences, Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Université de Lomé, Togo.

Isabelle A. Glitho, Togolaise, Doctorat d'Etat, Professeur Titulaire, Enseignante-chercheur, Directrice du Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo.

Y. Nuto, Togolais, PhD, Maître Assistant, Enseignant-chercheur à la Faculté des Sciences, Laboratoire d'Entomologie Appliquée, Université de Lomé, Togo.

J.P. Monge, Français, Doctorat d'Etat, Professeur Titulaire, Enseignant-chercheur à l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI), Faculté des Sciences, Université de Tours, France.

Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal

Maty Ba Diao^{1*}, A.A. Fall², C. Sall² & O.T. Diaw¹

Keywords: Gobra zebu- Supplementation- Deworming- Milk- Margins- Sahel- Senegal

Résumé

Pour évaluer l'impact d'une complémentation alimentaire et d'un déparasitage interne sur la production laitière des vaches Gobra, un essai a été mené dans le delta du fleuve Sénégal de mars en août 1998. Un troupeau de 118 vaches en lactation a été réparti en quatre lots. Le témoin (T0) n'a ni été déparasité, ni reçu de complément; le T1 a subi un déparasitage interne (contre les trématodes et les strongles); le T2 a été complémenté [4 kg de paille de riz traitée à l'urée + 1 kg de concentré (50% son de riz, 25% mélasse et 25% «Jarga», aliment commercial)] et le T3 a été complémenté et déparasité. Une évaluation de la production laitière et une notation de l'état corporel ont été effectuées chaque semaine. Les veaux ont été pesés chaque mois. Le poids des vaches a été estimé par barymétrie au début et à la fin de l'essai. Des différences significatives ($P < 0,001$) ont été observées entre les lots pour la production laitière, les poids des vaches et des veaux, le taux de mortalité des veaux et les performances économiques. Le lot T3 a donné les meilleurs résultats techniques et économiques. En saison sèche, la production laitière est une source de revenu non négligeable, si toutefois les circuits d'acquisition des aliments de bétail (accessibilité) et de la commercialisation du lait sont bien maîtrisés.

Summary

Effect of Supplemental Feeding and Deworming on Economic Development of Milk Production in Gobra Cows Reared in the Sahelian Zone of Senegal

To evaluate the effect of supplemental feeding and deworming on dairy production in Gobra cattle reared in the Senegal River Delta, experimental trail was conducted from March to August 1998. A herd of 118 lactating cows was used in this study. Animals were divided into four groups. The control group (T0) was neither dewormed nor supplemented, the group T1 was dewormed (against lungworms and trematodes), T2 was supplemented [4 kg of urea-treated rice straw + 1 kg concentrate (50% of rice bran, 25% of molasses and 25% of "Jarga", commercial feed)] and the T3 was supplemented and dewormed. Dairy production and body condition score were weekly assessed. The calves were weighed every month. Body weight of the cows was estimated by weight-band at the beginning and the end of the experimental trail. Significant differences ($P < 0.001$) were observed between the groups for dairy production, cows and calves weights, calves death rate and economical performances. Group T3 gave the best technical and economic results. In dry season, the dairy production is a considerable source of income, if however food acquisition (accessibility) and milk marketing circuits are well controlled.

Introduction

En zone sahélienne, les pâturages naturels constituent la principale source d'alimentation et la productivité des ruminants dépend fortement des variations saisonnières de la valeur nutritive de ces pâturages. Les déficits en azote (15) et en minéraux (14) limitent l'utilisation des fourrages par les ruminants et induisent une productivité laitière et des performances de reproduction faibles. Un autre facteur limitant de la productivité animale dans le Sahel est le parasitisme gastro-intestinal. Les maladies parasitaires provoquent à elles seules autant de pertes que l'ensemble des affections bactériennes et virales réunies (18).

Ces deux facteurs (alimentation et santé) ont été jugés dominants dans la variabilité de la productivité laitière bovine dans le delta du fleuve Sénégal (2). Dans cette zone, le développement de la culture irriguée et l'extension des endiguements ont progressivement limité les pâturages de décrue en saison sèche, qui relayaient les pâturages des terrains exondés utilisés en saison des pluies (22). Actuellement, les éleveurs éprouvent des difficultés à alimenter correctement toute l'année leurs animaux à partir des pâturages. En outre, l'installation des barrages et la remise en eau de la vallée du Ferlo ont favorisé un développement considérable des trématodoses animales (11). Le

¹Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA)/ Laboratoire National de l'élevage et de Recherches Vétérinaires, BP. 3120, Dakar, Sénégal.

²Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA)/ Centre de Recherches Agricoles de Saint-Louis, BP. 240, Saint-Louis, Sénégal.

Reçu le 16.03.04. et accepté pour publication le 04.04.05.

parasitisme gastro-intestinal est endémique et prédominant dans cette zone du delta, en particulier dans la communauté rurale de Ross Béthio (10).

Dans ce contexte, il s'est avéré nécessaire de proposer des techniques aptes à réduire l'incidence de ces facteurs de variation et à améliorer le niveau de production laitière bovine. Un essai a été conduit afin d'examiner et d'évaluer les conséquences d'un apport alimentaire et d'un déparasitage interne sur les différents paramètres zootechniques et économiques. Cet article présente les résultats de l'essai.

Matériel et méthodes

Site de l'étude

L'étude a été réalisée dans la communauté rurale de Ross-Béthio (à 50 km de la ville de Saint-Louis). Cette zone est sous l'influence d'un climat sahélien, caractérisé par l'alternance d'une saison sèche de 8 à 9 mois et d'une saison des pluies très courte (de juillet à septembre). La pluviosité saisonnière a varié de 150 à 250 mm par an durant ces dernières décennies. Cette aridité relative est cependant atténuée par la présence de nombreux marigots, défluent anastomosés alimentés par gravité, lorsque le niveau du fleuve monte au moment de la crue. Les températures atteignent 23-25 °C en janvier-février et 38 °C en mai-juin. Le delta possède deux zones sur le plan agroécologique: le *Waaloo* correspondant aux terres de la plaine alluviale inondées par les crues du fleuve et de ses défluent, le *Diéri* constitué des terres non inondables.

Le développement de l'agriculture irriguée, accompagnée de l'installation d'agro-industries a généré divers sous-produits utilisables en alimentation animale (paille et son de riz, drèches de tomate, mélasse de canne, etc.). Avec ce potentiel, il serait possible d'entretenir le cheptel bovin du delta pendant toute la saison sèche (6). Pourtant, le mode d'élevage bovin reste traditionnel et repose essentiellement sur l'exploitation des parcours (2).

Dispositif expérimental

Cent dix-huit (118) vaches de race Gobra en lactation, ayant vêlé entre les mois d'août et de février 1998 précédant la mise en place de l'essai, ont été retenues en milieu paysan. Ces animaux étaient issus de 17 troupeaux dans 3 villages, soit une moyenne de 7 vaches par troupeau. L'ensemble des vaches et leurs veaux ont été vaccinés contre le botulisme, la pasteurellose et le charbon symptomatique. Les veaux ont subi un déparasitage interne.

L'effet de chacun des facteurs (apport alimentaire et déparasitage interne) pris individuellement ainsi que leurs interactions sur les performances a été étudié grâce à un dispositif factoriel de type 2 x 2. Les quatre types de traitements suivants ont été considérés T0: pâturage naturel seul (pratique des éleveurs); T1: pâturage naturel + déparasitage; T2: pâturage naturel

+ complément et T3: pâturage naturel + complément + déparasitage. La complémentation avait lieu le soir, au retour des animaux du pâturage. Le complément alimentaire a été composé de 4 kg de paille de riz traitée à l'urée à 4%, et de 1 kg de concentré (composé de 50% son de riz, 25% mélasse, 25% Jarga, aliment du commerce). La production laitière permise par ce complément (3,7 UF; 201 g MAD; 11,9 g Ca et 32 g P) est de 3 kg de lait si les besoins d'entretien et de déplacement sont couverts par ailleurs. Des pierres à lécher, dont les éléments les plus représentatifs sont: sodium (38%), magnésium (0,5%), phosphore (0,2%), fer (0,15%), calcium (0,14%), zinc (0,03%), ont été également mise à la disposition de chaque éleveur en début d'expérience.

Avant le démarrage de l'essai, des analyses de fèces ont été effectuées. Les résultats ont montré la présence de trématodes (50 à 60% des vaches affectées) et de strongles digestifs (25 à 30% des vaches). Les taux d'infestation ont été équivalents dans les différents lots. Les déparasitants (Exhelm «750 mg» contre les strongles digestifs et Disto 5 contre les trématodes) ont été administrés en une seule fois au début de l'essai aux animaux des lots T1 et T3.

Collecte des données

La collecte des données a duré 20 semaines de mars en août 1998. Les quantités de lait prélevées par les éleveurs ont été évaluées chaque semaine grâce à des récipients gradués. La conversion en kg a été faite après multiplication par la densité du lait (1,03). La production laitière totale a été appréciée sur quarante vaches qui étaient en début de lactation (0-1 mois) au démarrage de l'essai. La quantité de lait consommé par les jeunes veaux a pu être estimée en utilisant le facteur de conversion, 9 kg de lait pour 1 kg de gain de poids (1). Les veaux ont été pesés une fois par mois à l'aide d'une bascule électronique. Le poids des vaches a été estimé au début et à la fin de l'expérience, en utilisant le «Weigh band», offert par l'International Livestock Research Institute (ILRI).

L'état corporel des vaches a été apprécié par observation et palpation de la région lombaire (5), au moment du contrôle laitier. La grille utilisée comporte six points: 0= condamné, 1= très maigre, 2= maigre, 3= moyen, 4= gras, 5= très gras.

L'état de santé des animaux a été suivi et tout animal malade signalé a fait l'objet d'un traitement approprié.

Analyse statistique des données

Les résultats moyens des quantités de lait traites obtenus ont été analysés selon un modèle d'analyse de la variance-covariance, en prenant en compte les facteurs traitement (avec quatre niveaux de T0 à T3), parité (primipares vs multipares), stade de lactation et le niveau de production au démarrage de l'essai

comme covariable. Le niveau de production a été estimé, pour chaque vache, comme étant la quantité moyenne de lait traite pendant les deux premières semaines de suivi. La réponse à la quantité de lait récolté est calculée selon le modèle suivant:

$$Y_{(ijke)} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_{(xl)} + e_{(ijklke)}$$

$Y_{(ijke)}$ = variable dépendante, μ = moyenne ajustée, A_i = effet du traitement, B_j = effet de la parité, C_k = effet du stade de lactation, $D_{(xl)}$ = effet de la covariable et $e_{(ijklke)}$ = erreur résiduelle.

Analyse économique

L'analyse économique a été effectuée en adoptant une démarche à trois niveaux (9). Pour l'établissement d'un budget partiel, l'autoconsommation a été valorisée au prix du marché. Seules les charges variables (intrants et main-d'œuvre) ont été considérées. Les coûts non monétaires ont été calculés en prenant un coût d'opportunité du travail de 1.000 francs CFA par jour. Le revenu monétaire a été calculé en soustrayant aux recettes de la vente de lait, les dépenses monétaires totales. Après le budget partiel, une évaluation de la rentabilité relative de chaque traitement a été faite, dans le but d'identifier les traitements dits «supérieurs» ou ceux qui présentaient un intérêt économique particulier pour les éleveurs. Enfin, pour chaque traitement «supérieur», un taux marginal de rentabilité ou de rémunération a été calculé pour mesurer le gain additionnel espéré si ce niveau de traitement était adopté. Le taux marginal de rentabilité est le rapport (en pourcentage) du bénéfice additionnel au coût additionnel induit par l'adoption d'un traitement par rapport à un autre. Il s'agit du rapport du bénéfice marginal (revenu additionnel en adoptant par exemple T3 à la place de T0) sur le coût variable marginal (coût additionnel induit en passant de T0 à T3)¹.

Limites de l'étude

Un problème important est la difficulté de mise en place

d'essais de complémentation en milieu paysan. La séparation des animaux pose une contrainte pour une alimentation ciblée. La distribution des aliments étant sous la responsabilité des producteurs, on n'est jamais certain que les quantités indiquées sont distribuées aux animaux d'expérience. En outre, la difficulté de constitution de différents lots dans un même troupeau nous a amenés pour des raisons pratiques à faire l'hypothèse que tous les animaux étaient soumis aux mêmes risques et aux mêmes pratiques d'élevage. Les lots d'intervention ont été ainsi constitués par village: tous les lots étaient présents dans chaque village, mais tous les animaux d'un même troupeau étaient dans un seul lot.

Résultats

Etat général et évolution pondérale des animaux

L'absence de complémentation et/ou de déparasitage interne a eu un impact négatif important sur l'état général des vaches. L'état corporel s'est dégradé au cours de l'expérimentation pour les vaches des lots T0, T1 et T2 (Tableau 1). Ces vaches ont accusé des pertes de poids importantes de 23 à 41 kg. Par contre, l'état corporel des vaches de T3 s'est maintenu ainsi que leur poids.

Des différences significatives ($P < 0,001$) ont été observées entre les gains quotidiens moyens (GQM) des quatre traitements chez les veaux (Tableau 1). Le GQM observé a varié de 11 à 120 g. Dans les lots non complémentés, des pertes de poids très sévères de certains veaux (jusqu'à - 15% du poids initial) ont abouti à un affaiblissement général de ces animaux. Ces lots ont accusé des mortalités de 6,7% et 3,6%, respectivement, pour T0 et T1.

Production laitière

Production à la traite

Les quantités de lait traites ont varié de 0,1 kg à 0,7 kg par vache et par jour (Tableau 2). La production

Tableau 1
Evolution de l'indice corporel et des poids vifs

Lots	Vaches				Veaux		
	Nombre	Variation de l'indice corporel		Variation du poids (kg)		Nombre	Gain quotidien moyen (g/j)
T0	30	-0,9	± 0,4a	-41,3	± 22,2c	28	11 ± 30c
T1	28*	-0,8	± 0,8a	-38,6	± 18,8bc	27	30 ± 30bc
T2	30	-0,5	± 0,6b	-23,3	± 12,6b	30	54 ± 40b
T3	30	0,1	± 0,4c	8,3	± 7,2a	30	120 ± 50a

a, b, c: dans la colonne les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,001$).

*: 2 vaches sont sorties du lot T1 à cause d'un retour de confiage durant l'essai.

¹ Autrement dit, une mesure de ce que gagne l'éleveur en termes de revenu net quand il dépense des sommes de plus en plus importantes pour passer d'un traitement supérieur à un autre. Dans les essais comprenant plusieurs traitements à différents niveaux d'intrants (et donc de coûts), on étudie l'accroissement du coût et du revenu obtenu en passant d'une combinaison à une autre. Cela permet d'identifier le point où un accroissement donné des coûts de production cesse d'apporter une augmentation égale ou supérieure des revenus.

Tableau 2
Différents paramètres de la production laitière

Lots	Nombre d'animaux	Durée de lactation (jours)			Production moyenne (kg/j)		
Production à la traite							
T0	30	103	±	36b	0,12	±	0,06c
T1	28	105	±	40b	0,13	±	0,06c
T2	30	123	±	24a	0,42	±	0,17b
T3	30	128	±	9a	0,72	±	0,18a
Production totale (traite + veau)							
T0	7	111	±	25b	0,73	±	0,1c
T1	11	113	±	26b	0,72	±	0,1c
T2	9	137	±	21a	1,35	±	0,2b
T3	13	140	±	4a	2,07	±	0,2a

a, b, c: dans la colonne les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,001$).

du lot T3, a été significativement supérieure à celle des autres lots ($P < 0,001$). La complémentation a également rallongé la durée de lactation, car les vaches de T0 et T1 ont été tarées en moyenne 3 semaines avant la fin de l'expérience.

Production laitière totale

La production laitière totale a évolué de 0,7 kg à 2,1 kg de lait par vache et par jour (Tableau 2). La production totale de T3 a été, ici aussi significativement plus importante que celle des autres lots ($P < 0,001$).

Résultats économiques

Le tableau 3 fournit une synthèse des résultats économiques. L'ensemble des traitements a dégagé une marge brute positive variant de 5.083 francs à 20.526 francs CFA par vache et de 159 francs à 333 francs par litre. Par vache, la marge brute et le revenu monétaire du lot T3 ont été significativement plus élevés que celles des autres lots. Par litre, la marge du lot témoin (T0), est plus élevée en raison d'un prix de revient (75 francs/litre) deux à quatre fois plus faible que ceux des autres lots.

Les traitements T3, T2 et T0 sont les traitements dits «non-dominés», présentant ainsi un intérêt économique pour l'éleveur. Le taux marginal de rentabilité est de 25% en allant du témoin au lot déparasité. Il se situe par contre à 1.169% en passant de T0 à T3. Pour ce lot, l'éleveur gagnerait additionnellement 1.169% de chaque franc investi en aliments de bétail et en main-d'œuvre.

L'analyse de sensibilité a montré que les traitements T3, T2 et T0 étaient toujours économiquement rentables, quelle que soit l'hypothèse retenue. Le taux marginal de rentabilité du traitement T2 a varié de 2 à 49% selon les hypothèses. Le taux marginal de T3 accroît considérablement de 938 à 1.478%. Un changement optimiste à la fois sur les deux paramètres (hausse du prix du lait et baisse des coûts des intrants) a donné les taux de rentabilité les plus élevés. Un changement pessimiste (hausse des coûts des intrants et baisse du prix du lait) a rendu le traitement T2 moins intéressant.

Discussion

Les résultats obtenus montrent l'importance de la qualité de l'alimentation pour la productivité laitière bovine. Ces observations ont été déjà faites en Afrique de l'ouest aussi bien pour l'apport d'énergie et d'azote (13, 19) que pour la supplémentation minérale (14).

Toutefois, les trois litres de lait par vache et par jour attendus de la complémentation n'ont pas été obtenus. Le démarrage tardif de l'essai en fin de saison sèche n'a pas permis d'obtenir une réponse optimale à l'apport alimentaire, car la complémentation a été effectuée à un moment où le régime de base était très déficient (21). Une complémentation en début de saison sèche, au moment où la biomasse des pâturages est encore suffisante, aurait permis d'améliorer les performances laitières (23). Par ailleurs, les conditions d'abreuvement peuvent également avoir eu un effet négatif sur les performances (16, 17). Dans le delta du fleuve Sénégal, les animaux ne sont abreuvés qu'une fois par jour en saison sèche, alors que les températures sont élevées (35-40 °C) et que le fourrage est très sec. Les animaux des lots T2 et T3 ont reçu de la paille traitée à l'urée, qui augmente aussi les besoins hydriques.

Les résultats ne montrent pas un effet significatif du déparasitage interne seul sur les performances zootechniques. Pourtant, l'ensemble des données obtenues après différentes études en infestation expérimentale montre une diminution de la production laitière chez les animaux parasités (4, 20). Cet effet est dans cette étude masqué par l'insuffisance de l'apport alimentaire. L'augmentation de la production laitière dans le lot T3 confirme cette hypothèse.

L'analyse économique montre que le type de traitement a une influence significative sur les gains additionnels et les marges obtenues. La combinaison complémentation- déparasitage interne offre les meilleurs résultats économiques et financiers. La marge obtenue par vache dans ce groupe est supérieure à celle trouvée en zone soudanienne avec les étables laitières autour des régions de Kolda et de Tambacounda (3, 12). Les prix à la commercialisation

Tableau 3
Analyse économique des quatre traitements

Rubriques	Traitements			
	T0: lot témoin	T1: lot déparasité	T2: lot complétement	T3: lot complétement et déparasité
Coûts et marges par vache en FCFA				
Revenu brut				
Valeur autoconsommation	6.200	6.228	9.720	13.920
Valeur commercialisation (RVC)	868	1.588	15.660	23.517
Revenu brut total (RBT)	7.068	7.816	25.380	37.437
Coûts variables monétaires (CVM) (Alimentation, produits vétérinaires)	100	1.240	11.897	13.000
Coûts variables non monétaires (Traitement, distribution, traite)	1.200	1.494	4.064	3.911
Charges variables totales (CVT)	1.300	2.734	15.961	16.911
Marge brute (RBT – CVT)	5.768	5.083	9.419	20.526
Revenu monétaire par vache (RVC – CVM)	768	349	3.763	10.517
Nombre de litres produits par vache	17,3	18,9	59,2	86,7
Coûts et marges par litre de lait produit en FCFA				
Prix de revient	75,1	144,7	269,6	195,1
Prix de vente	408,6	413,5	428,7	431,8
Marge brute	333,4	268,9	159,2	236,7
Revenu monétaire par litre de lait	44,4	18,5	63,6	121,3
Identification des traitements non dominés				
Traitement non-dominé ?	Oui	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	25(b)	1.169(a)
Analyse de sensibilité				
1 ^{er} cas: hausse de 10% du prix du lait				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	37(b)	1.296(a)
2 nd cas: baisse de 10% du prix des intrants				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	36(b)	1.335(a)
3 ^{ème} cas: 1 ^{er} et 2 nd cas				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	49(b)	1.479(a)
4 ^{ème} cas: baisse de 10% du prix du lait				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	12(b)	1.042(a)
5 ^{ème} cas: hausse de 10% du prix des intrants				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	14(b)	1.054(a)
6 ^{ème} cas: 4 ^{ème} et 5 ^{ème} cas				
Traitement supérieur ?	-	Non	Oui	Oui
Taux marginal de rentabilité (%)	-	-	2(b)	938(a)

(a) calculé avec les valeurs additionnelles par rapport au traitement T2.

(b) calculé avec les valeurs additionnelles par rapport au traitement T0.

assez élevés en saison sèche (400-450 FCA/l) ont permis de couvrir les charges monétaires et de dégager une trésorerie assez substantielle, malgré un prix de revient du litre de lait plus élevé et une productivité laitière journalière plus faible. En période de contre-saison, l'exode des populations rurales vers les villes les plus proches est fréquent; le revenu

monétaire obtenu avec la complémentation de 7 vaches correspond à deux mois et demi de salaire minimum. Sachant que ce revenu ne comptabilise ni la part autoconsommée par la famille, ni les avantages non financiers, cette ressource apparaît très importante dans la stratégie de diversification des revenus des producteurs du delta (7).

Le taux marginal calculé a été comparé au taux du placement bancaire ou au coût d'opportunité du capital investi ailleurs. Ainsi, avec les taux d'intérêt variant entre 12 et 20% selon les institutions financières en 1998, le traitement T3 a été jugé très rentable. L'analyse de sensibilité a montré une stabilité sur le choix du traitement T3 qui apparaît être le meilleur dans tous les cas même si on constate une baisse du taux marginal en combinant les deux situations pessimistes (baisse du prix du lait et hausse du prix des intrants).

Ces résultats économiques obtenus sur T3 sont encourageants, car l'engouement pour la spéculation laitière au niveau des élevages réside dans la possibilité de compenser les dépenses monétaires par les gains financiers fournis par la vente de lait. Toutefois, la diversification par la production laitière restera embryonnaire tant que les contraintes essentiellement liées à l'acquisition des intrants et à la commercialisation du lait ne seront pas levées. La commercialisation dépend de l'organisation des filières d'écoulement, et n'est actuellement possible que dans les villages à proximité de l'axe routier et le bourg de Ross-Béthio. L'absorption d'une production plus importante en lait exigerait un déplacement des éleveurs vers les villes de Saint-Louis ou de Richard-Toll, distantes de 50 km, avec un coût additionnel de transport estimé de 10 à 15 FCFA par litre pour un fût de 200 litres et selon le type de véhicule. Les aliments destinés au bétail font l'objet d'une grande spéculation dans la zone (8). En saison sèche, ils deviennent rares et chers. Des mesures spécifiques devront par conséquent être prises pour améliorer le disponible alimentaire des vaches en production et amoindrir le coût de production du lait en saison sèche.

Face aux seules lois du marché, le regroupement des éleveurs devrait permettre d'augmenter leur capacité à stocker et à contrôler les variations de prix des aliments. Enfin, le développement des cultures fourragères pourrait être envisagé à condition de s'assurer, au préalable, de leur rentabilité économique et de la capacité des éleveurs à gérer cette nouvelle ressource.

Conclusion

Cette étude a montré que la combinaison de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne a un impact certain sur les performances zootechniques des vaches Gobra du delta et offre les meilleurs résultats économiques et financiers. La production laitière peut ainsi devenir une activité rentable dans cette zone rizicole. Toutefois, le développement et la vulgarisation de cette technique sont liés à l'approvisionnement en intrants et à l'organisation de la commercialisation du lait.

Remerciements

Cette étude a été financée par Cattle Research Network de l'Institut International de Recherche sur l'Élevage (CARNET/ILRI) et le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI). Les auteurs remercient l'ensemble des personnes qui ont participé à l'exécution de ce programme et particulièrement Dr El Hadji Yade, Inspecteur régional de l'élevage de Saint-Louis, Abdou Fall, agent technique d'élevage de Ross-Béthio ainsi que les éleveurs du Delta. Dr E.H. Fallou Guèye de ISRA-LNERV et Dr Guillaume Duteurtre du CIRAD-EMVT/ISRA-BAME sont remerciés pour la relecture de cet article.

Références bibliographiques

1. Agyemang K., Clifford D.J. & Little D.A., 1993, An assessment of the biological and economic efficiency in conversion of milk to meat in Ndama calves. *Anim. Prod.* 56, 165-170.
2. Ba Diao M., Guèye A. & Fall A.A., 1995, Les systèmes d'élevage laitier dans la zone péri-urbaine de Saint-Louis. Rapport de la phase diagnostique. Dakar: ISRA/LNERV, Réf 04 /Res. Alim., 28 p.
3. Ba Diao M., Senghor C.D., Diao B. & Thys E., 2002, Production et transformation du lait en région agropastorale au Sénégal: cas de la zone périurbaine de Kolda. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 55, 3, 221-228.
4. Chartier C., 1995, Production laitière et strongyloses digestives chez les ruminants. *Rev. Méd. Vét.* 146, 1, 23-28.
5. Cisse M., Fall S.T. & Korea A., 1995, Une vue de l'évolution mensuelle de l'état corporel des bovins Zébu au cours d'une opération d'embouche à base de sous-produits agro-industriels. *Fiches techniques ISRA* 6, 1, 17 p.
6. Corniaux C. & Diallo A., 1998, Potentialités de production et d'utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels dans la région de Saint-Louis. N°1: potentialités de production des sous-produits agricoles et agro-industriels dans le département de Dagana (hivernage 97 à saison sèche 98). PSI-CORAF/SAED, Saint-Louis, 10 p.
7. Corniaux C., Le Mercier J., Salem M., Dia T. & Yade A., 2000, Production de lait de vache en rives droite et gauche du delta du fleuve Sénégal: une réelle activité de diversification en systèmes irrigués? *In: Legoupil J.C., Dancette C., Godon P., Maïga I.M., Ndiaye K.M., Éditeurs. Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne. Synthèse des résultats du pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués (PSI/CORAF)*. Dakar, Sénégal, Edition WECARD-CORAF, pp. 140-159.
8. Corniaux C., Sy A., Diouf O. & Diallo A., 2000, Potentialités de production et d'utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels dans la région du fleuve du Sénégal. Saint-Louis, PSI/CORAF/SAED, 45 p.
9. Crawford E.W., 1986, L'analyse économique des essais zootechniques. *In: Etudes et Synthèses de l'EMVT* N° 20, 689-724.
10. Diaw O.T., Vassiliades G., Sèye M. & Sarr Y., 1995, Environnement et santé: incidence de la construction des barrages et des ménagements hydro-agricoles sur la pathologie parasitaire animale dans la région du delta du fleuve Sénégal et du lac de Guiers. Convention ISRA-FAC/CIRAD (FAC-BINOME). Rapport Final 3^{ème} phase. L.N.E.R.V./ I.S.R.A. Réf. N° 5 Patho. Anim., juin 1995.
11. Diaw O.T., Vassiliades G., Thiongane Y., Sèye M., Sarr Y. & Diouf A., 1998, Extension des trématodoses du bétail après la construction des barrages dans le bassin du fleuve Sénégal. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 51, 2, 113-120.
12. Dièye P.N., Duteurtre G., Sissokho M., Sall M. & Dia D., 2003, La production laitière périurbaine au sud du Sénégal. Saisonnalité de l'offre et performances économiques. *Tropicultura*, 21, 3, 142-148.
13. Dièye P.N., Faye A., Seydi M. & Cissé S.A., 2002, Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. *Cahiers Agricultures*, 11, 251-257.
14. Fall S.T., Diop M., Sawadogo G. & Doucouré A., 1999, Phosphates naturels et alimentation du bétail en zone sahéenne. II. Influence sur la

- survie, la production laitière et la reproduction du zébu Gobra. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* **52**, 3-4, 249-254.
15. Guerin H., Friot D., Mbaye N., Richard D. & Dieng A., 1988, Régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* **41**, 4, 427- 440.
 16. King J.M., 1989, Influence du climat et de l'alimentation sur les besoins en eau du bétail en Afrique tropicale. Rapport recherche n° 7. CIPEA, Addis-Ababa (Ethiopia), 103 p.
 17. Macfarlane W.V. & Howard B., 1972, Comparative water and energy economy of wild and domestic animals. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 31, 261-296.
 18. Marchand A., 1984, L'incidence économique des principales parasitoses des bovins. *Rev. Méd. Vét.* **135**, 5, 299-302.
 19. Otchere E.O., 1986, The effects of supplementary feeding of traditionally managed Bunaji cows. *In: Livestock systems research in Nigeria's subhumide zone. Proceedings of the second ILCA/NAPRI symposium held in Kaduna, Nigeria. 29 October - 2 November 1984.* ILCA, Addis Ababa, 76-87.
 20. Parent R. & Alogninouwa Th., 1984, Amélioration de la productivité de l'élevage en zone tropicale. Traitement systématique des vaches gestantes à l'ivermectine dans le mois précédent la mise-bas. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* **37**, 3, 341-354.
 21. Ricca R. & Combellas J., 1993, Influence of multinutrient blocks on live weight gain of young bulls grazing sorghum stubble. *Livestock Res. Rur. Dev.* **5**, 31-38.
 22. Santoir C., 1993, Des pasteurs sur les périmètres, pp. 374-405. *In: Boivin et al.* (Editeurs), Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en Moyenne Vallée du Sénégal. Atelier ORSTOM/ISRA, Saint-Louis, Sénégal, 19-21 octobre 1993. ORSTOM Editions, Paris, 585 p.
 23. Sow A.B., 1996, Effets de la complémentation alimentaire sur la production laitière du zébu Gobra en élevage extensif traditionnel: cas du département de Linguère. Thèse doct. vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 67 p. (n° 46).

Maty Ba Diao, Sénégalaise, Ingénieur agronome, option Zootechnie, Chercheur ISRA, Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires (LNERV), BP. 3120, Dakar, Sénégal.

A.A. Fall, Sénégalais, Diplôme supérieur en agro-économie, Doctorat en économie agricole, Chercheur agro-économiste dans le Programme de Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production de la Direction des Recherches sur les Cultures et Systèmes Irrigués, ISRA/Fleuve, CRA St-Louis et du Bureau d'Analyses Macro-économiques (BAME), ISRA.

C. Sall, Sénégalais, Attestation d'études approfondies, Production animale tropicale, Gestion de projet de développement et gestions de ressources, coordonnateur.

O.T. Diaw, Sénégalais, D.E.A. Biologie animale, Checheur au Service de Parasitologie (Helminthologie et Malacologie) au L.N.E.R.V./I.S.R.A. Dakar, Sénégal.

Le savoir-faire local dans la valorisation alimentaire des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) au Cameroun

G.B. Noumi¹, A.K. Aboubakar Dandjouma², C. Kapseu³ & M. Parmentier⁴

Keywords: *Dacryodes edulis*- Conservation- Know-how- Cameroon

Résumé

Le safoutier, *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam est une espèce oléagineuse de la famille des burséracées, très appréciée en zone forestière du Cameroun. Cet arbre produit des fruits, appelés safou très consommés par les populations des zones de production et au-delà. Le safou est d'une grande importance économique puisqu'il fait l'objet d'importantes transactions commerciales dans la sous-région de l'Afrique Centrale pendant la période de production. Toutefois, la valorisation de ce fruit est limitée par son caractère très périssable à l'état frais. En effet, il est difficilement conservable à la température ambiante. De rares études ont été initiées afin de prolonger la durée de conservation de ce fruit. Malheureusement, le savoir-faire local n'a pas toujours fait l'objet d'une attention particulière. L'objet de ce travail est de contribuer à la connaissance du savoir-faire local dans la valorisation du safou. La méthode utilisée repose sur une enquête dans les différentes zones de production notamment dans les provinces de l'Adamaoua, du centre, de l'est, du littoral et de l'ouest. Les résultats de cette étude montrent que le safou occupe une grande place dans les zones de production. Cet arbre se présente en effet comme une source d'aliments, de revenus, de médicaments, de bois. Par ailleurs, si les populations mettent en œuvre diverses stratégies de conservation du fruit elles ne disposent d'aucune méthode de transformation. L'ensemble des résultats permet de faire le point sur les technologies traditionnelles et d'envisager des voies de valorisation de ce fruit.

Summary

The Local Know-how in the Valorisation of (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) Fruits in Cameroon

Dacryodes edulis (G. Don) H.J. Lam (Burseraceae) is an oleaginous plant highly appreciated in the forest zone of Cameroon. This tree yields fruits called african pear or safou, highly consumed by local populations and even abroad. African pear is at the centre of a great economic activity in the Central Africa sub-region as its trade generates cash for local traders during the production period. However, the valorisation of african pear is hindered by its high perishable nature responsible for important post-harvest losses due to lack of proper post-harvest handling. Some studies addressed the problem, unfortunately, nothing was done on the local know-how which has still to be investigated. The present paper sheds light on african pear local harvesting, handling and marketing practices in Cameroon. Field surveys were carried out in different production zones in Cameroon savannah and humid forest lowlands: Adamawa, centre, east, littoral and west provinces. Results showed that african pear occupies an important place in the population daily life. This multipurpose tree specie appears to be a source of foodstuffs, cash income, drugs and wood. If, on one hand diverse strategies are developed by the population for a proper conservation of fruits, on the other hand there is not a real fruits transformation activity. Results of this study highlight the traditional know-how and bring out prospects for future works on african pear valorisation.

Introduction

Le safoutier, *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam est une espèce oléagineuse de la famille des burséracées, très appréciée en zone forestière du Cameroun (11). Cet arbre produit des fruits, appelés safou très consommés par les populations des zones de production et au-delà. Le safou est un fruit fragile, très périssable à l'état frais. Il est de ce fait difficilement conservable à la température ambiante; même la réfrigération ne peut que prolonger de quelques jours la durée de conservation. En effet, le fruit commence

à ramollir trois à cinq jours seulement après sa récolte, ceci indique que le ramollissement de la pulpe est la principale cause des pertes après la récolte du fruit. Ces pertes sont estimées à environ 50% de la production au Cameroun et au Congo Brazzaville (11, 15), au Nigeria elles atteignent même 65% (13). Les études sur les causes de ramollissement de la pulpe des fruits de safou sont récentes (2, 3). Beaucoup d'études ont été menées en vue de promouvoir la culture du safoutier et Kengué (11) en fait la synthèse.

¹Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroun.

²Station Polyvalente IRAD de Garoua, B.P. 415, Garoua, Cameroun.

³ENSAI, Département de Génie des Procédés et d'Ingénierie, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

⁴Laboratoire de Physico-chimie et Génie Alimentaire, ENSAIA, 2, Avenue de la Forêt de Haye, B.P. 172, F-54505, Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

*Correspondance (E-mail: gnoumi@yahoo.fr)

Reçu le 11.01.05. et accepté pour publication le 28.04.05.

Depuis quelques années, des travaux sont menés en vue de la caractérisation physico-chimique des fruits du safoutier (7, 8, 9, 10, 12, 15, 16). Les résultats obtenus montrent que le safou avec près de 50% de lipides se présente comme une source alternative d'huile pour les populations.

L'aire de production du safou au Cameroun est assez étendue, et est divisée en trois zones principales (19). Le safoutier se présente comme un arbre à usages multiples bien que l'usage le plus répandu soit la consommation des fruits (11). Le safou est au centre d'une grande activité économique qui a été estimée à 5 milliards de FCFA en 1997 (6). En plus de cette importance locale, le safou fait également l'objet d'importantes transactions vers les marchés des grandes métropoles européennes: Paris, Bruxelles, Londres (17, 18).

L'importance économique du safou reste toutefois handicapée par le caractère périssable des fruits qui réduit la durée de conservation d'où les nombreuses pertes post-récolte enregistrées. Afin de contribuer à la résolution de ce problème, Emebiri et Nwufu (4) ont proposé la conservation des fruits au réfrigérateur. Ce traitement cause cependant des lésions de la pulpe dues au phénomène de «chilling injury» pour des températures inférieures à -5 °C. Cette technique bien qu'efficace paraît inadaptée pour les zones rurales d'Afrique. Par ailleurs, rien à notre connaissance n'a été fait pour recenser et étudier les méthodes mises en œuvre par les paysans pour la conservation et la transformation de leur récolte. Ces questionnements justifient la réalisation de notre étude dont l'objectif est la contribution à la réduction des pertes post-récolte du safou à travers la mise au point des méthodes simples de conservation ou de transformation du safou. Ici, sont présentés les résultats préliminaires sur le savoir-faire local en matière de conservation et transformation du safou.

Méthodologie

1. Zone d'enquête

Cette étude a été réalisée au cours de la saison de production de 2004 dans les provinces de l'Adamaoua, du centre, de l'est, du littoral et de l'ouest dans les zones des savanes péri-forestières et de forêt humide du Cameroun. Les localités couvertes étaient: Banyo et Tibati dans l'Adamaoua, Eséka, Makénéne et Obala au centre, Abong-Mbang, Bertoua et Yokadouma à l'est, Edéa et Nkongsamba au littoral, Bangangté, Mbouda et Foubot à l'ouest.

2. Questionnaire et enquête

Une enquête basée sur un questionnaire élaboré selon la méthode d'interview semi-structurée (5) a été réalisée dans les différentes localités visitées. Le choix des localités est basé sur la présence d'un peuplement naturel de *D. edulis*.

Les informations recueillies de ces enquêtes portaient

sur les connaissances générales de l'arbre, les différentes utilisations, la période de production, les utilisations et les techniques de conservation ou de transformation des fruits.

Le comptage du nombre des répondants par la technique du tri à plat a permis de ressortir les informations recherchées.

Résultats et discussion

1. Les utilisations de l'arbre

Au Cameroun, le safoutier se présente comme une espèce à usages multiples. En effet, dans toutes les localités visitées, divers produits de cet arbre sont utilisés à des fins variées.

Usage alimentaire

L'usage le plus répandu est la consommation des fruits après ramollissement dans de l'eau chaude, la cendre chaude ou même à la braise. Le safou est également consommé cru. Les fruits ramollis sont consommés avec des tubercules, du plantain ou encore du maïs. Il convient de signaler une pratique originale dans certaines régions comme à l'ouest, dans le Mounjo et au centre. Ici, la pulpe ramollie des fruits dénoyautés est transformée en «beurre» pour tartiner le pain.

Usage médicinal

Les racines, les feuilles et l'écorce du safoutier jouissent également d'une grande utilisation en pharmacopée traditionnelle à l'ouest du Cameroun. Les écorces par exemple sont utilisées pour préparer des potions contre la fièvre typhoïde et les feuilles en décoction avec diverses autres feuilles servent contre la fièvre jaune. Il convient de noter toutefois, le manque de documentation de ce savoir traditionnel et la réticence des dépositaires de ce savoir à le divulguer (11). D'après Raonda-Walkers et Sillans (14), la poudre de l'écorce est également utilisée pour soigner les plaies ulcéreuses.

Les usages du bois

Le bois issu du tronc et des branches est utilisé comme bois de chauffe surtout dans les zones de savane humide des hauts-plateaux de l'ouest et des savanes péri-forestières (11). Outre l'usage comme bois de chauffe, le bois du safoutier est également utilisé comme bois d'œuvre pour la production de menus objets en menuiserie.

Le safoutier comme source de revenus

Une intense activité économique s'est développée autour du safou. Cette activité permet de générer d'importants revenus dont les bénéficiaires sont répartis entre les divers acteurs de la filière: producteurs, collecteurs, vendeurs, grossistes, détaillants (1, 6, 20). L'ampleur de l'activité varie fortement suivant les zones de production. A l'ouest et à Makénéne par exemple, les paysans nous ont déclaré des gains

substantiels liés à la vente du safou. L'argent ainsi généré est utilisé à diverses fins dont la préparation de la rentrée scolaire des enfants. Le safou a donc une grande valeur économique au Cameroun.

2. Les périodes de récolte des fruits

La production des fruits est inégale sur l'ensemble des zones de production. En effet, la production est étroitement liée aux conditions de développement de l'arbre. Elle est importante dans le centre et le littoral et faible dans l'Adamaoua et à l'est. Les travaux de Tchotsoua et Mapongmetsem (19) ont permis d'identifier trois grandes aires de production du safou au Cameroun.

Dans les localités visitées, la récolte des fruits se pratique d'avril à octobre avec un pic de mai à août le long du littoral, de juin à novembre avec abondance de juillet à octobre dans le centre pour la première aire de production. Ces provinces constituent les principaux sites d'approvisionnement des principales métropoles du pays et concentrent la plus grande proportion de safou vendu sur les différents marchés du Cameroun (1, 6, 20). Dans la province de l'ouest qui fait partie de la deuxième aire de production, le safou est récolté de juin à octobre avec toutefois la plus grande production entre juillet et septembre. Dans les provinces de l'est et de l'Adamaoua qui constituent la troisième aire de production de safou, la récolte reste marginale avec les plus grandes quantités en septembre. Le tableau 1 présente les périodes de production du safou dans les localités visitées. Outre les raisons climatiques, le développement du safou dans certaines régions du Cameroun comme l'est et l'Adamaoua reste limité par les habitudes alimentaires des populations locales (19).

3. Les techniques de récolte des fruits

La récolte du safou se fait essentiellement par

cueillette et par ramassage. La cueillette est pratiquée par les jeunes hommes qui se servent des gaules pour cueillir les fruits. Ils le font à partir du sol ou en grimpant dans l'arbre. Les femmes et les enfants par contre se contentent le plus souvent du ramassage des fruits tombés au sol.

4. La distribution de la récolte

Les fruits récoltés servent soit à l'autoconsommation, soit à la vente sur le marché local. Dans le cas de la vente des fruits, les producteurs en majeure partie les femmes, transportent les fruits jusqu'à la place du marché. Il convient de signaler que très souvent les femmes avant de se rendre au marché collectent les fruits des autres producteurs du village se présentant ainsi comme les premiers acheteurs. Une autre pratique est la vente directe des fruits encore sur les arbres, le soin est alors laissé à l'acheteur de décider du moment de la récolte.

5. La conservation des fruits

L'existence des méthodes de conservation afin de prolonger la durée de vie du safou contraste avec l'ampleur des transactions dont ces fruits font l'objet. En effet, le safou quelques jours après la récolte (3 à 5 jours) enclenche un processus de ramollissement responsable des énormes pertes post-récolte estimées à plus de 50%. Pour juguler ce problème les paysans mettent en œuvre diverses stratégies à partir de la cueillette des fruits jusqu'à la conservation proprement dite. Les paysans ont identifié l'humidité et les traces d'eau sur les fruits comme cause de détérioration de ceux-ci, alors, la cueillette se fait généralement en journée pour éviter la rosée matinale. Les fruits sont alors cueillis avec des gaules pour éviter la chute au sol qui entraîne des blessures et le ramollissement des fruits. Par ailleurs, les fruits sont cueillis avec le pédoncule pour

Tableau 1
Périodes de production du safou dans les différentes localités du Cameroun

Localités	Période de récolte du safou	Période d'abondance
<i>Adamaoua</i>		
Banyo	août à octobre	septembre
Tibati	août à octobre	septembre
<i>Centre</i>		
Eséka	juin à octobre	juillet à septembre
Makénéné	juin à novembre	juillet à octobre
Obala	juin à novembre	juillet à octobre
<i>Est</i>		
Abong – Mbang	août à octobre	août à septembre
Bertoua	août à octobre	septembre à octobre
Yokadouma		très faible
<i>Ouest</i>		
Bangangté	juin à octobre	juillet à août
Mbouda	août à septembre	août
Foumbot	août à octobre	août à septembre
<i>Littoral</i>		
Edéa	mai à octobre	juin à août
Nkongsamba	mai à octobre	mai à août

éviter d'exposer la chair à l'air. Pour la conservation proprement dite, elle se fait dans une salle aérée en étalant les fruits en monocouche sur le sol sec ou sur une natte. Certains paysans mélangent le safou avec des citrons. Toutefois, avant la conservation, les fruits sont soigneusement triés pour éliminer les fruits atteints et blessés. Les stratégies ainsi développées permettent de conserver le safou pendant 7 à 10 jours, la durée de conservation étant toutefois, fonction de la qualité des fruits.

6. La transformation des fruits

Tout comme la conservation, la transformation du safou à l'échelle paysanne est presque inexistante. En effet, l'utilisation la plus courante est la consommation directe des fruits. Toutefois, quelques paysans interrogés ont mentionné la production de l'huile à usage alimentaire et cosmétique. En effet, l'huile de safou est très appréciée comme produit cosmétique et certaines femmes utilisent directement la pâte de safou (pulpe ramollie et broyée) pour le traitement des cheveux ou comme pommade corporelle. Dans ce dernier cas, la pâte de safou est additionnée de jus de citron et de jaune d'œuf. Cette pâte est également utilisée comme tartine pour le pain.

L'extraction de l'huile par les paysans met en œuvre une technique très simple. Les fruits sont ramollis et dénoyautés. La pulpe obtenue est triturée et mise à chauffer dans une grande quantité d'eau. L'huile extraite par perforation surnage l'eau; elle est recueillie et séchée par chauffage.

L'existence des techniques rudimentaires de transformation du safou à petite échelle montre la nécessité

et la demande par les populations des technologies fiables de transformation du safou et au-delà une demande des produits à base de safou.

Conclusion

Le safou est un fruit qui occupe une grande place dans la vie des populations des provinces de l'Adamaoua, du centre, de l'est, du littoral et de l'ouest. Dans ces zones, le safoutier se présente comme une espèce à usages multiples. En plus l'usage alimentaire des fruits qui est l'usage le plus répandu, diverses autres parties de la plante (écorces, racines et feuilles) sont utilisées à des fins médicinales, le bois est également utilisé comme bois de chauffe ou bois d'œuvre. Le commerce du safou procure des revenus substantiels aux paysans. Globalement, les fruits présents de mai à novembre sont récoltés par cueillette ou ramassage. Diverses stratégies de conservation sont mises en œuvre par les paysans pour prolonger la durée de vie des fruits frais. Par ailleurs, il existe une timide activité de transformation des fruits en huile alimentaire et produits cosmétiques. L'analyse des données recueillies laisse apparaître un besoin pressant de méthodes de conservation du safou d'une part et des procédés de transformation des fruits d'autre part. Ces questions constituent donc des pistes qui seront explorées dans la suite de notre étude.

Remerciements

Ce projet est réalisé avec le soutien de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF).

Références bibliographiques

- Awono A., Ndoyé O. & Schreckenber K., 2002, La commercialisation de *Dacryodes edulis* dans la zone forestière du Cameroun, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 400-417.
- Ella Missang C., Renard C.M.G.C., Baron A. & Drilleau J.F., 2002, Caractérisation des polysaccharides pariétaux du safou (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam), Etude de leur évolution au cours du stockage des fruits, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 221-231.
- Ella Missang C., Renard C.M.G.C., Baron A. & Drilleau J.F., 2002, Modification des pectines de la pulpe de safou (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) au cours de la maturation, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 232-240.
- Emebiri L.C. & Nwifo M.I., 1990, Effect of fruit type and storage treatments on the biodeterioration of African pear (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam), Intern. Biodeterioration, 26, 45-50.
- Gueye B. & Schoonmaker F.K., 1991, Introduction à la méthode accélérée de recherche participative (MARF), Quelques notes pour appuyer une formation pratique, Pub. IIED, London (UK), 69 p.
- Isseri F. & Temple L., 2002, Quantification de la production et analyse du marché du safou au Cameroun, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 418-429.
- Kapseu C. & Parmentier M., 1997, Composition en acides gras de quelques huiles végétales du Cameroun, Sciences des Aliments 17, 325-331.
- Kapseu C. & Tchiégang C., 1996, Composition des fruits de deux cultivars de safou au Cameroun, Fruits, 51, 3, 1-7.
- Kapseu C., Avouampo E. & Djeumako B., 2002, Oil extraction from *Dacryodes edulis* (G. Don.) H.J. Lam fruit. *Forests, Tree and Livelihoods*, 12, 97-104.
- Kapseu C., Mapongmetsem P.M., Silou T. & Roques M., 1999, Physico-chimie des fruits du safoutier (*Dacryodes edulis*) camerounais, *Tropicultura*, 17, 1, 37-42.
- Kengue J., 2002, Safou (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam), International centre for underutilised crops, Southampton, UK, 147 p.
- Kenmegne Kamdem A.T., Ali A., Tchiégang C. & Kapseu C., 1997, Problématique de la production de l'huile de safou au Cameroun, Fruits, 52, 325-330.
- Nwifo M.I. & Anyim C.O., 1998, Post-harvest handling and storage of African pear (*Dacryodes edulis*) in south-eastern Nigeria, Actes du 2^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires de Yaoundé, 217-225.
- Raponda-Walkers A. & Sillans R., 1961, Les plantes utiles du Gabon: essai d'inventaire et de concordance des noms vernaculaires et scientifiques des plantes spontanées et introduites, description des espèces, propriétés, utilisations économiques, ethnographiques et artistiques, Paul Chévalier, éd. , Paris (France), 109-115.
- Silou T., Goma Maniougui J., Boungou P. & Ouamba J. M., 1991, Etude

- du séchage de la pulpe de safou: résultats préliminaires, *Tropicultura*, **9**, 2, 61-68.
16. Silou T., Rocquelin G., Gallon G. & Molagui T., 2000, Contribution à la caractérisation des safous (*Dacryodes edulis*) d'Afrique Centrale, Note II-Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des safous du district de Boko (Congo Brazzaville). Variation inter arbre. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, **77**, 85-89.
17. Tabuna H., 2002, Stratégies de développement du marché du safou (*Dacryodes edulis*) en Europe, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 449-463.
18. Tabuna H., 1999, Le marché des produits forestiers non-ligneux de l'Afrique Centrale en France et en Belgique: produits, acteurs, circuits de distribution, débouchés actuels, Occasional paper N° 19, CIFOR, 32 p.
19. Tchotsoua M. & Mapongmetsem P.M., 1998, Le safoutier (*Dacryodes edulis*): zones écologiques et production des fruits au Cameroun, Actes du 2^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 261-272.
20. Temple L., 1999, Le marché des fruits et légumes au Cameroun: quantification des flux et analyse des prix, Rapport du Projet FAC Fruits et Légumes, IRAD, 163 p.
-

G.B. Noumi, Camerounais, Doctorat/Ph.D., Chargé de Cours, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

A.K. Aboubakar Dandjouma, Camerounais, Doctorat/Ph.D., Attaché de Recherche, IRAD, Station Polyvalente de Garoua, Cameroun.

C. Kapseu, Camerounais, Doctorat d'Etat, Professeur, ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

M. Parmentier, Français, Doctorat d'Etat, Professeur, ENSAIA, Institut National Polytechnique de Lorraine (Nancy), France.

LES ACTIONS DE LA DGCD
 DGCD'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS
 LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

DEVELOPMENT CO-OPERATION PRIZE

The Development Cooperation Prize is 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, whatever their discipline. The prize is awarded to scientific works that contribute significantly to knowledge that can be applied to development in the South. Sustainable development is to be their principal aim and poverty alleviation a priority. The prizes are attributed to Bachelor's and Master's theses, postgraduate papers, Ph.D. theses, or publications in scientific journals.

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

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

Two abstracts regarding the accomplishment of laureates from Uganda and Bolivia awarded in 2005 are presented below.

'Land Evaluation around Lake Victoria: Environmental Implications of Land Use Change'

Moses Isabirye*

Lake Victoria is the largest lake in Africa, located on the borders of Kenya, Tanzania and Uganda – three of the world's lowest ranking countries in terms of economic development. The sites studied in this D.Sc. thesis are located to the north (Mayuge District) and northwest (Rakai District) of the lake, and are inhabited by poor farmers and fishermen (monthly family expenditure about € 54), more than half of whom are under the age of 15. In this context, typical of Uganda and other developing countries, Dr. Isabirye's doctoral research contributed to the knowledge about the eutrophication phenomenon in Lake Victoria, with particular attention to interaction between agricultural systems and the lake.

This doctoral study is highly relevant to the development, as evidenced by the fact that it was carried out within the context of the Lake Victoria Environmental Management Project. This regional project, in which the three countries concerned join forces, covers a broad range of elements relevant to the local environment and to the development of the local inhabitants: reforestation, management of natural, industrial and municipal land use, water (eco)system management, water quality monitoring, control of the invasive water hyacinth, fisheries research and management, small development projects for the local population and support for the universities located around Lake Victoria. The contribution from Dr. Isabirye, an employee himself of the National Agricultural Research Organization and the Kawanda Agricultural Research Institute, focuses on land use in Uganda. He not only diagnosed the environmental risks posed to the lake by small farms, but also created a scientific basis for land use management with the lowest possible risk of polluting the lake.

*Ugandees, Bachelor of Agricultural Sciences, Makerere University, Kampala, Uganda.
 Master of Soil Science, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, Netherlands, 1997.
 Doctor of Applied Bioscience, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2005.
isabiryemoses@yahoo.com

In general, the author's assessment is that the areas studied are under pressure to produce crops, fuel and wood for the rural populations and that this pressure is unlikely to diminish. On the other hand, the author believes that farming is highly unlikely to contribute to eutrophication and changes in the lake, in terms of agrochemicals (rarely used), herbicides (low retention time in soil and water) and erosion (inhibited by mulching or by the structure of the agricultural fields and wetland vegetation). Certain aspects require further research, however, and Dr. Isabirye proposes a series of themes relevant to development for scientific research and policy.

The only remaining task for the author is to publish his scientific results in peer-reviewed journals, in order to vouch for the high quality of this study.

'Trophic Relations and Nutrient Recycling in a Tropical Floodplain Lake'

Danny Rejas Alurralde*

A great deal is already known about the ecological function of lakes, rivers and alluvial tributaries in our moderate climatic zone. However, when it comes to such systems in tropical environments, our knowledge is far more limited and occasionally even non-existent. Nevertheless it is very important for us to have a better understanding of how the food web works in tropical aquatic systems in order to organize fishing in a sustainable way. Fish are an essential part of the daily nutrients required in tropical regions.

This is why Danny Rejas Alurralde decided to study the ecosystem and in particular the food pyramid in Laguna Bufeos in the alluvial plains of the River Ichilo in Bolivia for his Ph.D. Laguna Bufeos is an oxbow lake created when a bend in the river was cut off following a natural or anthropogenic straightening of the river bed. The food pyramid in a small lake like Laguna Bufeos comprises the classical transfer of nutrients of phytoplankton (algae) to zooplankton, to herbivorous fish (plant-eaters) and predatory fish (fish-eaters) on the one hand, and on the other the microbiological loop that works in the opposite way: instead of converting organic matter into a higher level organism, dead plankton and possibly organic material from outside are transformed into a solution of inorganic nutrient substances.

Since there is a high level of fish production in Laguna Bufeos (about 11 g carbon per sq. m. per year) this must be based on a high level of plankton and/or microbial production. However, neither contribute very much towards the production of fish (only 0.82 g carbon per sq. m. per year).

Measurements and experiments led Danny Rejas Alurralde to conclude that most organic substances are transferred from the bottom to the top of the food web by way of short chains. About 90% of the transfer fluxes in the food web at Laguna Bufeos appear to move directly from the detritus to the fish. This detritus is a mixture of coarse organic waste that includes dead phytoplankton, bacteria and plants.

*Bolivian, Licenciata in biology, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, 1997.

Master in Biology, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 1999.

Ph.D. in Biology, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2004.

drejas@supernet.com.bo

ORGANISATION

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

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

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

Conseil d'administration

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

Comité de rédaction

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

Secrétariat de rédaction

1A, Square du Bastion, B- 1050 Bruxelles – Belgique
Téléphones: ++32.02.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.02.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2006 Vol. 24 N° 1

Four issues a year (January- February- March)

CONTENTS

EDITORIAL

African Cotton: a Few Lessons of World Trade Globalization... *(in French)*

G. Mergeai..... 1

ORIGINAL ARTICLES

The Effect of Three Dietary Crude Protein Levels on Digestibility and Tests Function in Male Pubertal Rabbits *(in English)*

A.O. Ladokun, G.N. Egbunike, D.O. Adejumo & O.A. Sokunbi 3

A Fishery Closing Proposal in Ayamé's Dam in Order to a Rational Management (Ivory Coast) *(in French)*

M. Ouattara, G. Gourène & A.F. Vanga 7

Trees in the Agrarian Systems of the Sahelian Zone of Niger: Management Practices, Benefits and Constraints *(in French)*

M. Larwanou, M. Saadou & S. Hamadou 14

Predicting some Agroclimatic Data Using Empirical Models *(in French)*

M. Omoko 19

Element Budgets in a Sugarcane Agroecosystem: II. Phosphorus Budget *(in Spanish)*

D. López-Hernández, D. Sequera & E. Medina 25

The Effects of Land Configuration and Wood-Shavings Mulch on the Properties of a Sandy Loam Soil in Northeast Nigeria. 2. Changes in Physical Properties *(in English)*

A.M. Chiroma, O.A. Folorunso & A.B. Alhassan 33

Influence of Variety, Storage Time and Natron Percentage on the Cooking Time of Cowpea *Vigna unguiculata* Seed *(in French)*

A. Balla & M. Baragé 39

Population Dynamic of Natural Bruchids and their Larval and Pupae Parasitoids in Experimental Cowpea Storage in Guinean Zone *(in French)*

K. Amevoin, Isabelle A. Glitho, Y. Nuto & J.P. Monge 45

Effect of Supplemental Feeding and Deworming on Economic Development of Milk Production in Gobra Cows Reared in the Sahelian Zone of Senegal *(in French)*

Mathy Ba Diao, A.A. Fall, C. Sall & O.T. Diaw 51

The Local Know-how in the Valorisation of (*Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam) Fruits in Cameroon *(in French)*

G.B. Noumi, A.K. Aboubakar Dandjouma, C. Kapseu & M. Parmentier 58

GDCD 'S ACTIVITIES 63

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

