

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N°3

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



Agricultrice au Rwanda avec sa vache Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.
Photo: Florence Burette (2009)

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

Avec les soutiens
de la Direction Générale de la Coopération au Développement DGCD www.dgcd.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
et Coopération au Développement www.diplobel.fgov.be,
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS www.dgos.be,
de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
en Ontwikkelingssamenwerking www.diplobel.fgov.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen KAOW, www.kaowarsom.be
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

- Cassava Market Participation Decisions of Producing Households in Africa
Participation des producteurs dans la prise de décisions dans la commercialisation de manioc en Afrique
Beslissingsname van de producenten in de maniok handel in Afrika
Participación de los productores en la toma de decisiones en la comercialización de la mandioca en África
A.A. Enete & E.M. Igbokwe 129
- Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Aconthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae)
Evaluatie van de insectendodende eigenschappen van *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) bladeren tegen volwassen *Aconthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae)
Evaluación de las propiedades insecticidas de las hojas de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contra los adultos de *Aconthoscelides obtectus* (Say) (Coleóptero; Bruchidae)
Agnès Flore Ndomo, A.L. Tapondjou, F. Tendonkeng & Félicité Mbiopo Tchouanguép 137
- Utilisation agricole de plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 1. Inventaire, abondance et caractérisation chimique des plantes aquatiques disponibles localement
Gebruik van waterplanten, hoofdzakelijk voor bodemverbetering, in de provincie Thua Thien Hue, Centraal Vietnam. 1. Inventaris, overvloed en chemische karakterisering van de beschikbaar waterplanten
Utilización agrícola de plantas acuáticas, en particular como enmienda del suelo, en la provincia de Thua Thien Hue, Centro de Vietnam. 1. Inventario, abundancia y caracterización química de las plantas acuáticas disponibles localmente
P.-Y. Ancion, Hoang Thi Thai Hoa, Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & J.E. Dufey 144
- Etude comparée de la pêche des thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la zone économique exclusive (ZEE) ivoirienne
Vergelijkend onderzoek van de visserij van tweederangstonijn met dubbel sleepnet of met prauw in de Exclusieve Economische Streek (EEZ) van Ivoorkust
Estudio comparativo de la pesca de pequeños túnidos por arrastres dobles y por piraguas en la zona económica exclusiva (ZEE) de Costa de Marfil
Constance Diaha N'Guessan, K. N'Da & K.D. Kouassi 152
- Plant Secondary Metabolites in some Medicinal Plants of Mongolia Used for Enhancing Animal Health and Production
Métabolites secondaires végétaux de quelques plantes médicinales de la Mongolie utilisées pour améliorer la santé et la production animale
Secundaire metabolieten van sommige medicinale planten uit Mongolië gebruikt in de verbetering van dierengezondheid en -productie
Metabolitos secundarios vegetales de algunas plantas medicinales de Mongolia utilizadas para mejorar la salud y la producción animal
H.P.S. Makkar, T. Norvsambuu, S. Lkhagvatseren & K. Becker 159
- Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de *Cubitermes*
Studie van de groei in potten van vier plantensoorten groeiend op substraten verrijkt met de aarde van *Cubitermes* termietenheuvels
Crecimiento en macetas de cuatro especies vegetales sobre substratos enriquecidos con la tierra de termiteros de *Cubitermes*
J.A. Mokossesse, M. Lepage & G. Josens 168
- On-Farm Storages Participatory Evaluation and Validation of the Capability of Native Botanicals for Control of Bean Bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) in South-Kivu Province, Eastern of Democratic Republic of Congo
Evaluation et validation participatives de l'efficacité d'un mélange de poudres végétales dans la lutte contre les bruches du haricot (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) dans les greniers paysans, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo
Participatieve evaluatie en validatie van de doeltreffendheid van een mengsel van plantaardige poeders in de bestrijding van de bonenkever (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) in de provincie Zuid-Kivu, Democratische Republiek Congo.
Evaluación y validación participativas de la eficacia de una mezcla de polvos vegetales en la lucha contra el gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) en los graneros campesinos, Kivu del Sur, República Democrática del Congo
T.M.B. Munyuli 174
- Effet du parasitisme interne sur la productivité des pintades locales au Burkina Faso
Effect van endoparasieten op de productiviteit van lokale parelhoenders in Burkina Faso
Efecto del parasitismo interno sobre la productividad de las gallinas de Guinea locales en Burkina Faso
O.C. Hien, C.L. Ouedraogo, B. Diarra & B. Traoré 184

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD..... 191

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

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Cassava Market Participation Decisions of Producing Households in Africa

A.A. Enete¹ & E.M. Igbokwe²

Keywords: Food Market- Farm-Household Behaviour- Africa sub-Saharan- Nigeria

Summary

Cassava is a basic staple and a major source of farm income for the people of sub-Saharan Africa. Efficiency in cassava marketing therefore becomes a very important determinant of both consumer's living cost and producer's income. At the farmer's level, which is the beginning of the marketing chain, food must be produced in reasonable quantity to attract enough market participants that will make for efficient distribution. The use of food price policy to stimulate short-run marketed surplus of producing households has often been questioned. This is because some households are deficit producers who purchase crops they also produce. Increasing producer prices will therefore have adverse distributional effects on food buying, while bypassing autarkic households. An alternative would therefore be to find non-price strategic variables that motivate farm households to participate in commodity markets. This is the objective of this paper. The paper is based on primary data collected within the framework by the collaborative study of cassava in Africa (COSCA). Good market access conditions, improved market information especially on prices, the production of granules instead of dried roots or pastes increased market participation for sellers, while rising grain prices, younger and less educated heads of households encouraged participation for buyers.

Résumé

Participation des producteurs dans la prise de décisions dans la commercialisation de manioc en Afrique

Le manioc est une nourriture de base et une source principale de revenus pour les populations de l'Afrique sub-saharienne. Il faut un bon système de commercialisation pour assurer les revenus des producteurs et un coût de vie raisonnable des consommateurs. Au niveau du cultivateur (qui est au début de la chaîne de commercialisation), il faut qu'il produise assez pour attirer beaucoup de personnes dans la chaîne de commercialisation et pour créer un système efficace de distribution. On a souvent utilisé une politique de prix pour réaliser un surplus de production à court terme pour les producteurs, mais cela est controversé. Ceci est dû au fait qu'il existe des producteurs qui ne produisent pas assez, et doivent aussi acheter ces mêmes produits. L'augmentation des prix aux producteurs posera un grand problème aux achats de nourritures des producteurs déficitaires, et en même temps, exonérera des familles qui ne produisent que ce qu'elles consomment. Une alternative sera de trouver des moyens (qui ne s'attachent pas au prix de manioc) qui motivent les cultivateurs à joindre la chaîne de commercialisation des produits qu'ils produisent. C'est le but de cette étude. Elle est basée sur les données primaires collectées dans le cadre de l'étude participative de manioc en Afrique (COSCA). Des bons accès aux marchés, une amélioration du système d'information (surtout sur les prix), la production des granules au lieu des racines séchées, ou des pâtes, augmentent la participation des vendeurs, tandis que des prix de céréales élevés, des chefs de familles plus jeunes et moins éduqués, encouragent la participation des acheteurs.

Introduction

Cassava is a basic food staple, and a major source of farm income for the people of sub-Saharan Africa. It

contributes about 40% of the food calories consumed in Africa (11) and both rich and poor farmers often

¹Corresponding author: Department of Agricultural Economics, UNN E-mail: anselmenete@hotmail.com, Tel: +234-(0)8064448030.

²Department of Agricultural Extension, UNN.

Received on 28.01.09 and accepted for publication on 21.04.09.

derive more cash income from cassava than from any other crop or income earning activity (3, 14, 22). Hence, efficiency in cassava marketing is an important determinant of both consumers' living cost and producers' income. Moreover, as the process of urbanization progresses in Africa, an increasing share of national food consumption takes place at locations other than where food is produced. The marketing system must develop well to provide necessary services as producers sell in markets distant from where consumers buy their food (7). Yet, compared with cassava production, cassava marketing has received much less than sufficient attention (7, 21). There is however an inter-acting and mutually reinforcing relationship between increased production and efficient marketing (18). Efficient marketing system stimulates increased production, and the reverse constitutes a constraint to any development effort (17). A malfunctioning marketing chain constitutes an impediment to food security as investment in production becomes both more costly and more risky and may end up being wasted (7). At the farmers' level, which is the beginning of the marketing chain, food must not only be there (produced) to be moved, but must be there in reasonable quantity to attract enough market participants that would make for efficient distribution. Food price policy has often been used as an instrument for raising short-run marketed surplus of producing households. This has, for long, however, been questioned (8). This is because some farm households sell a portion of their output while others are deficit producers who purchase crops they also produce. An increase in official producer prices to stimulate production will have adverse distributional effects on food buying households, who therefore may not in the short run be able to respond to the producer price incentive. Thus, such questions as which factors determine whether or not a household participates in cassava markets? And do buyers and sellers respond in the same way to these factors? Needs to be answered in dealing with the production end of the marketing chain. The objective of this paper is to identify strategic variables affecting cassava market participation decisions of producing households. The paper is based on primary data collected from four countries of Africa (Ivory Coast, Ghana, Nigeria, Tanzania and Uganda), within the framework of the Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA).

COSCA was funded by the Rockefeller Foundation and executed by the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. Previous study on household food market behaviour in Africa (8) was restricted to only a section of a country in Africa - southeast Senegal and was on coarse grains. The present study not only presents a wider coverage of Africa but deals with cassava.

Method of the study

Climate, human population density, and market access infrastructure formed the basis for sampling. Following Carter and Jones (4), four basic climate zones were defined from temperature and duration of dry periods within the growing season (Table 1).

Information available on all-weather roads, railways and navigable rivers derived from the 1987 Michelin travel maps was used to divide a market access infrastructure map of Africa into good and poor zones according to the density of the roads, railways, or navigable waterways. Human population data from the United States Census Bureau were used to divide a population map of Africa into high demographic pressure zones with 50 or more persons per km², and low if less.

The three maps of climate, human population density, and market access infrastructure were overlaid to create zones with homogeneous climate, demographic pressure, and market access conditions. Each climate/population density/market access zone with less than 10,000 ha of cassava in each country was excluded. The remaining areas were divided into grids of cell 12' latitude by 12' longitude to form the sample frame for site selection. Two hundred eleven grid cells, distributed among the climate/population density/market access zones in proportion to the size of the zone and country were randomly selected for the study. These are 40 from Ivory Coast, 30 from Ghana, 65 from Nigeria, 39 from Tanzania and 37 from Uganda. A village was then randomly selected in each grid. This brings the number of villages selected in each country just equal to the numbers listed above. In each selected village, with the assistance of key village informants, a list of farm households was compiled and grouped into 'large', 'medium', and 'small' smallholder farm units. The terms large, medium and small are in parentheses because the target of the study and indeed all the households sampled were

Table 1
Definition of climatic zones

Climatic Zones	Temperature (°C)		Months of dry season
	Daily mean	Range	
Lowland humid	>22	<10	<4
Highland humid	<22	<10	<4
Subhumid	>22	>10	4-6
Non-humid	>22	>10	6-9

smallholder farm units. The grouping was entirely based on the subjective assessment of the key village informant and not on the size of farmland. One farm unit was then randomly selected from each stratum for the study.

Data collection

Leaders in cassava research in the national agricultural research systems in each country administered survey questionnaires to local farmers and took various measurements.

A rapid rural appraisal technique was employed to collect village-level information in the Phase I survey. Farmer groups consisting of men and women of wide age range were constituted and interviewed in each village. A structured questionnaire was used to collect qualitative information on the following aspects among many others: various production practices, cassava processing methods including cassava products processed, cassava marketing including cassava products marketed, village level altitude; mid-altitude refers to all the sampled villages that are more than 800 m above sea level and low altitude refers to all villages less or equal to 800 m above sea level. This survey was conducted in 1989-1991.

Phase II survey was aimed at detailed characterization of the cassava production methods at the field level. The field-level information which was collected from all crop fields of the selected farm units included, field history, inputs applied, cassava root yield along with some agronomic yield components and field size. This information was collected in 1991 from the same villages as in phase I.

Phase III survey was at the household level, also in the same villages. Relevant male and female

household members were interviewed with structured questionnaire and relevant measurements taken. The information collected included quantity of cassava products sold or purchased for consumption, access to cassava price information in locations other than where marketed, type of cassava products processed by the household, household cash income and sources of the cash income, household composition and characteristics, etc. This information was collected in 1992.

Conceptual framework

A farm household will choose to participate in the cassava market if the net present value of the expected benefits from participation is greater than the net present value of remaining autarkic – net of costs. Costs here include all transaction costs the household faces in the process of market participation. Past studies suggest that the failure of many households to participate in commodity market is explained by transaction costs (5, 8, 10, 12). In areas with imperfect market and high transaction costs, it is costly to discover trading opportunities. Similarly, poor market access increases a household's cost of observing market prices to make transaction decisions, which reduces the household's leisure time (20).

These costs drive a wedge between the household shadow price and the market price of food products as shown in figure 1. The X-axis of the figure shows the value (shadow price) of cassava products to the households.

The Y-axis shows the market price of cassava products paid or received by a household participating in the market. If transaction costs (t) = 0, the household

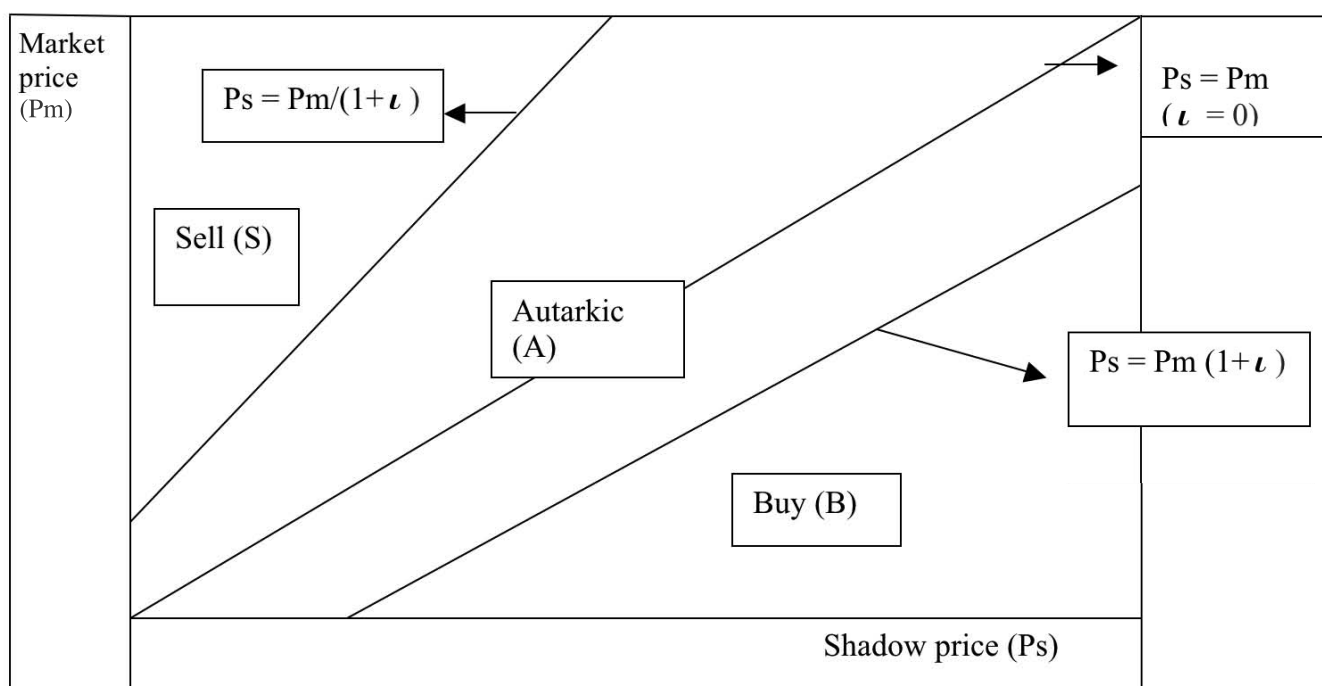


Figure 1: Household cassava market participation decisions with transaction costs (Source: 8).

equates its shadow price with the market price, so that market participation behavior is continuous and not subject to a threshold as the market price varies. For $(\iota) > 0$, however the required level of benefits that will induce participation is higher. So that there exists an autarkic subset of households $\{A\}$ that cannot equate market and shadow prices over a range. That is, for some finite $\iota > 0$.

$$\exists \{A\} = \{i / P_{mi}(1 + \iota) < P_{si} < P_{mi}(1 - \iota) = \emptyset$$

And as $\iota \rightarrow \infty$, there will be no household participating in the commodity market.

Using q_i^{buy} , q_i^{sell} , p_i^{buy} and p_i^{sell} to denote quantity bought, quantity sold, buying price and selling price respectively, the household participation in the cassava market can also be demonstrated thus:

$$q_i^{buy} > 0 \quad p_{si}(x_i, y_i) - p_i^{buy} > 0, \quad q_i^{buy} = 0 \text{ otherwise}$$

$$q_i^{sell} > 0 \quad p_{si}(x_i, y_i) - p_i^{sell} > 0, \quad q_i^{sell} = 0 \text{ otherwise}$$

where x_i y_i denote the none-price and price variables respectively determining the household shadow prices.

The number of farm households participating in the cassava market has an upper limit of 100% when all the households under study are participating and a lower limit of 0% when none of the households is participating. The distribution of this variable shows that a greater number of the households (63%) had a zero participation rate, while a small number (37%) had positive participation (16% buying and 21% selling) rate. The Tobit model is an appropriate framework for modeling a variable so truncated (1, 19, 24).

Following Akinola and Young (2), the theoretical framework of the Tobit model can be explained by the threshold concept. The decision of the farm household to participate in the cassava market (as a buyer or seller) may be characterized as a dichotomous choice between two mutually exclusive alternatives. This implies that there is a "break point" in the dimension of the explanatory variables below which a stimulus elicits no observable response. Only when the strength of the stimulus exceeds the threshold level does a reaction occur and the second decision of how many kilograms of cassava products to buy or sell is taken. Let Y denote the decision variable, which is the dependent variable, and X a vector of explanatory variables. Y takes on two values, $Y = y^*$ if the decision is to participate in the market, and $Y = 0$ if the decision is to remain autarkic. At values of X greater than the break point, there is a probability of 1 for market participation; the level of participation (kilograms bought or sold) represented by y^* is continuous. At values of X below or equal to the break point, the probability of market participation is zero and the level of participation is zero. The stochastic model of the

analysis is as follows:

$$Y_i = y_i^* = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad \text{if } X_i' \beta + \varepsilon_i > T \\ = 0 \quad \text{if } X_i' \beta + \varepsilon_i < T \\ i = 1, 2, \dots, N$$

where N is the number of households, Y_i is the level of market participation, X_i is a vector of explanatory variables, β is a vector of parameters to be estimated, T is the threshold point and ε_i is an independently distributed error term assumed $N(0, \sigma^2)$.

To interpret the dependent variable as the probability of making a choice, some notion of probability is used as the basis of the transformation. The process translates the values of the X_i into a probability, which ranges in value from 0 to 1. For the transformation to maintain the property that increases in X_i are associated with increases (or decreases) in the dependent variable for all values X_i , the standard cumulative normal distribution of $X_i' \beta$ is used. It is given by:

$$F(X_i' \beta) = \int_{-\infty}^{X_i' \beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{s^2}{2}} ds$$

Where s is a random variable, which is normally distributed with mean zero and unit variance. To estimate the parameter β , a maximum likelihood procedure is applied.

Variable definition

Since a household may participate in the cassava market as a buyer or a seller, two models were empirically estimated. The first model uses the quantity (in kilograms) of cassava products sold in the market by a farm household as the dependent variable, while the other uses the quantity of cassava products (in kilograms) bought as the dependent variable.

The decision to participate in the market as a seller or buyer may be related to the characteristics and composition of the household – affecting tastes and leisure, the size of the household farm – affecting the level of production, market access conditions, availability of cassava price information, price of cassava products, type of cassava products made by the household and country dummies; all of which are proxy variables for transaction costs.

The variables specified to capture the effect of composition and characteristics are household size (HHSIZE), dependency ratio (DRATIO), age (AGEHH) and level of formal education (EDUCHH) of the household head. All else equal, size of the household should be negatively related with the household participation as a seller but positively related with its participation as a buyer. The same relationship is expected for dependency ratio. This is because; larger households would most often demand greater food needs. Similarly, household with larger dependency

ratio will be prone to production labor constraints and hence may tend to consume more than it produces. Although it is theoretically expected that age and level of formal education of the household head will affect tastes and leisure preferences of the household, the expected directions of their relationships in this case are ambiguous. It is possible that education will endow the household head with better production managerial skills (6), in which case, it could be positively related with participation as a seller with the reverse as a buyer. It is also possible that education could increase the chances of the household head earning non-farm income (6), perhaps through pension and/or part-time jobs. This could reduce the household's dependency on cassava for cash income and hence reduce its participation as a seller while increasing its participation as a buyer. As for age, it is possible that older and more experienced heads are able to take healthier production decisions and have greater contacts, which allows trading opportunities to be discovered at lower costs than younger ones. In this case, the expected relationship could be positive for sellers and negative for buyers. It is also possible that younger heads are more dynamic with regards to adoption of innovations both in terms of those that would enhance their productivity and those that would enhance their cassava marketing contacts at reduced costs.

Households who have easy road access to markets (ACCESS) have lower transaction costs of market participation, either as seller or as buyers, than households with poor road access to markets. Availability of information (INFO) on prices of cassava products in different locations is likely to enhance the participation of households in cassava markets either as buyers or as sellers because the cost of searching for suitable prices is reduced. The expected relationship of market participation with price of cassava products is obvious – positive for sellers and negative for buyers. In addition, price of grains was specified and expected to have positive relationship with buyers', and negative relationship with sellers' participation in the cassava market. All prices were normalized to one in each country to avoid currency differences. This harmonizes the maximum price in all countries to one.

Different types of cassava products have different characteristics in terms of perishability and moisture content. These are likely to affect their marketing costs. For instance, Hahn (9) observed that cassava fresh roots, which have a moisture content of 70%, are very bulky and therefore much more expensive to transport than processed cassava products. We distinguish, for purposes of this analysis, four major types of cassava products: Granules, Pastes, Driedroots and others. We shall be comparing the dummy for granules with the other three products.

Country dummies (Tanzania, Uganda, Ivory Coast) were

then included to capture the effects of geographical differences in costs of marketing (8), with Nigeria as the comparison category.

As a result of interaction between the variables for market access and price of cassava products in the sellers' equation, two specifications were made for sellers; separating market access and price of cassava products. This was not done for the buyers' equation because prices collected for this study were household specific prices, and virtually none of the households were buying and selling. The variables are defined in table 2 below.

Empirical results

The explanatory powers of the specified variables as reflected by Pseudo- R^2 value seem low, but this is not uncommon in cross-sectional analysis (2). Other studies with comparable coefficients of determination include Akinola and Young (2) and Nweke (14). The overall goodness of fit as reflected by Prob> χ^2 is however good. It is less than 0.001 in each of the specifications (Table 3).

The probability of a farm household participating in the cassava market either as a seller or buyer was positively and significantly correlated with price of cassava products. The probability also increased significantly with the price of grains for buyers, but declined though not significantly for the sellers. It was significantly higher for selling households whose access to market is with vehicles or on foot with a distance of within 10 km than for those whose access is on foot with a distance of more than 10 km. The direction of the relationship with the market access variable for buying household was however the reverse situation, although not statistically significant. The probability of market participation increased with the household size, both for buyers and sellers, but the relationship was not significant in either case. While the probability declined for buyers, it increased for sellers, with dependency ratio, though the relationship was also not statistically significant in either case. The probability of market participation increased with the age of the household head for sellers, but declined with age for buyers. The relationship for the buying households was statistically significant. The direction of the relationship of market participation probability with the level of formal education of the household head was negative for both buyers and sellers. The relationship for the buying households was also statistically significant. The probability declined with farm size for sellers but increased with farm size for buyers, but none of these relationships was statistically significant.

The probability of market participation was positively related with availability of information of prices of cassava product both for buyers and sellers (with that of sellers being highly significant). It was higher among households with information on prices of

Table 2
Definition of variables specified in the regression function of market participation behavior of farm households

Variable	Mean (Std deviation)	Unit or Type	Explanation
SELWT*	538.63 (1814.11)	Continuous	Kilograms of cassava product sold
BUYWT*	10.87 (22.78)	Continuous	Kilograms of cassava products bought
Cassava price (sell)	0.44 (0.46)	Continuous	Seller's price of a kilogram of cassava product
Cassava price (buy)	0.31 (0.40)	Continuous	Buyer's price of a kilogram of cassava product
Price of grains	0.30 (0.38)	Continuous	Price of a kilogram of grains
HHSIZE	9.58 (5.86)	Continuous	Size of the household
AGEHH	50.85 (16.48)	Continuous	Age of the household head
EDUCHH	4.21 (4.46)	Continuous	Number of years of formal education of the household head
DRATIO	0.54 (0.18)	Continuous	Percentage of household size whose age is either less of equal to 15 or greater than 65
FMSIZE	1.74 (2.30)	Continuous	Size of the household farm (ha)
INFO	0.10 (0.29)	Binary	1, if household had information on prices of cassava products in locations other than where they sell
ACCESS	0.81 (0.40)	Binary	1, if market access was with vehicle or on foot with a distance of within 10 km; else 0
Granule	0.20 (0.38)	Binary	1, if the major cassava product is granule; else 0
Driedroots	0.45 (0.50)	Binary	1, if the major cassava product is dried roots; else 0
Pastes	0.13 (0.33)	Binary	1, if the major cassava product is pastes; else 0
Others	0.21 (0.41)	Binary	1, if the major cassava product is others; else 0
TANZANIA	0.22 (0.42)	Binary	1, if country is Tanzania; else 0
UGANDA	0.19 (0.40)	Binary	1, if country is Uganda; else 0
IVORY COAST	0.23 (0.42)	Binary	1, if country is Ivory Coast; else 0
NIGERIA	0.35 (0.48)	Binary	1, if Country is Nigeria; else 0

Note: * = Dependent variables

Table 3
Parameter estimates (based on Tobit model) of probabilities of household cassava market participation

Variables	SELWT			BUYWT
	Market Access	Price	Both	
Intercept	-3858.77 (-3.21)***	-3583.74 (2.84)***	-4081.67 (-3.07)***	-16.77 (-0.74)
Price of cassava	—	4682.11 (5.69)***	4568.35 (5.59)***	164.70 (7.25)***
Price of grains	-0.55 (-0.10)	-0.62 (-0.14)	-0.81 (-0.34)	45.85 (2.70)***
ACCESS	857.62 (1.80)*	—	641.17 (1.20)	-2.30 (-0.25)
HHSIZE	16.45 (0.57)	24.39 (0.77)	21.26 (0.67)	0.83 (1.34)
DRATIO	1152.64 (1.15)	1266.00 (1.14)	1215.31 (1.10)	-10.61 (-0.53)
AGEHH	2.40 (0.22)	0.68 (0.06)	0.43 (0.04)	-0.50 (-2.19)**
EDUCHH	-49.87 (-1.01)	-3.12 (-0.06)	-6.68 (-0.13)	-3.31 (-3.41)***
FMSIZE	-35.26 (-0.37)	-76.97 (-0.63)	-69.48 (-0.58)	0.72 (0.55)
INFO	3895.20 (7.75)***	2450.08 (4.84)***	2481.00 (4.92)***	0.88 (1.14)
Driedroots	-933.58 (-2.01)**	-938.57 (-1.81)*	-969.15 (-1.87)*	-0.71 (-0.55)
Pastes	-971.67 (-1.70)*	-667.99 (-1.12)	-611.14 (-1.03)	-4.50 (-0.36)
Others	-486.26 (-1.00)	-608.43 (-1.14)	-572.50 (-1.07)	3.91 (0.35)
TANZANIA	-721.55 (-1.23)	-1898.43 (-2.57)***	-1634.21 (-2.18)**	-24.32 (-2.08)**
UGANDA	-641.87 (-1.07)	-625.49 (-0.97)	-641.89 (-1.00)	12.72 (1.14)
IVORY COAST	988.21 (2.10)**	304.30 (0.61)	376.92 (0.75)	-0.91 (-0.09)
Statistics:				
No. of obs.	433	433	433	433
Chi ²	116.62	159.08	160.58	86.22
Prob> Chi ²	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Pseudo R ²	0.08	0.11	0.11	0.07

Note: Figures in parentheses are t-ratios; *** denotes $P \leq 0.01$; ** denotes $0.01 < P \leq 0.05$, and * denotes $0.05 < P \leq 0.10$

cassava products than in those with no information. Compared with households that produced granules, the probability declined for both buying and selling households that produced dried roots or pastes. The relationship with selling households was also statistically significant. The probability of cassava market participation was lower for selling households in Tanzania and Uganda than for those in Nigeria, with the Tanzania relationship being statistically significant. It was however higher for selling households in Ivory Coast than for Nigeria. Similarly, the probability was lower for buying households in Ivory Coast and Tanzania than for those in Nigeria, also with the Tanzania relationship being significant. The direction of the relationship for buying households in Uganda was positive as compared with Nigeria, though not statistically significant.

Discussion

These results indicate that price of cassava products had important influence on the level of cassava market participation by the farm household. Its positive influence on the selling households' participation is consistent with economic theory that price induces increased supply. But its positive relationship with the buying households' participation seems counter-intuitive. However, a plausible explanation for this phenomenon is that higher prices are interpreted by some households as signals of impending food scarcity, motivating them to stock food (8). The observed positive relationship between market participation and price of grains for buying households is consistent with expectation. Greater grain scarcity forces buying households to rely more on cassava markets. This underscores the role of cassava as a famine-reserve crop.

The positive and important relationship between the market factor and the selling households' market participation is consistent with our hypothesis that households with good road access to markets have lower transaction costs than those with poor access. The direction of the relationship between the market factor and the buying households' participation was because the more removed from the market center a village is, the more undiversified in crop production, and the more concentrated in cassava production the village is (15). Households in remote villages are likely to have restricted food consumption choices and hence likely to consume more of the available staple (which in our case is cassava) than those closer to market centers whose consumption choices are more diversified.

The ambiguity over age of the household head; whether the impact is positive for sellers and negative for buyers owing to increasing productive and marketing experience or negative for sellers and positive for buyers; younger farmers being more

innovative was in our case decided in favour of the former alternative. The impact of level of formal education of the household head was negative for both buyers and sellers. Education as we have noted before could endow the household head with the necessary skills to earn non-farm income. Among the educated household heads were people who retired from wage employment and so depended on pension for cash income (14). This could reduce the reliance on cassava for cash income. In addition, educated household heads are likely to be better aware of the need for balanced diet in the household.

Information on prices of cassava products in different locations had a very strong and positive influence on participation for selling households. One of the implicit assumptions of fundamental welfare theorems is that all characteristics of all commodities are observable by all market participants (13). Without this condition, if it is costly to acquire such information, the well known problem of adverse selection arises thereby discouraging market participation (23). Goetz (8) observed that regarding the effects of fixed cost-type variables on market participation, better information plays an important role for sellers but not for buyers of coarse grains in Senegal. The processing techniques of granules are relatively advanced, and they enter the market in ready to serve forms, while those of dried roots or pastes are not so advanced, thus necessitating additional preparation in the home before eating. In addition, granules are more competitive with food grains in the market than dried roots, such that cassava is more frequently processed into granules for sale and into dried roots for home use (15). These suggest a lower transaction cost of marketing granules than dried roots and thus help to explain the negative relationship between production of dried roots and market participation for selling households.

The negative and important relationship between the dummy for Tanzania and market participation for both buyers and sellers as compared with Nigeria could be because of the differences in the condition of road access to markets between the two countries. The percentage distribution of COSCA representative villages with poor road access to markets was four times higher in Tanzania than in Nigeria, and percentage of those with easy road access to markets was also higher in Nigeria than in Tanzania (16). The positive relationship of the dummy for Ivory Coast with participation for sellers is surprising. However, the percentage of COSCA representative villages with good road access to markets was higher in Ivory Coast than in Nigeria.

Conclusion

Good market access conditions, improved market information especially on prices, the production

of granules instead of dried roots or pastes, and Nigerian farm households instead of those in Tanzania increased market participation for sellers, while rising grain prices, younger and less educated heads of households as well as farm households in Nigeria instead of those in Tanzania encouraged participation for buyers. These results suggest that improved market access conditions, better market information especially of prices and type of cassava products made could act as alternative options to output price

changes in stimulating cassava marketed surpluses in sub-Saharan Africa. This could be important because, as noted before, higher producer prices would in the short run likely benefit only the sellers while imposing costs on buying, and bypassing autarkic households.

Acknowledgment

The authors are immensely grateful to Prof. F.I. Nweke for his invaluable contribution to this work.

Literature

- Adesina A.A. & Zinnah M.M., 1993, Technology characteristics, farmers' perception and adoption decisions: a tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9, 297-311.
- Akinola A.A. & Young T., 1985, An application of the tobit model in the analysis of agricultural innovation adoption processes: A study of the use of cocoa spraying chemicals among Nigerian cocoa farmers. *Oxford Agrarian Studies* XVI, 26-51.
- Berry S.S., 1993, Socio-economic aspects of cassava cultivation and use in Africa: implication for the development of appropriate technology. COSCA working paper N° 8, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
- Carter S.E. & Jones P.G., 1989, COSCA site selection procedure. COSCA Working paper N° 2. Collaborative Study of Cassava in Africa, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- De Janvry A., Fafchamps M. & Sadoulet E., 1991, Peasant household behaviour with missing markets: some paradoxes explained. Department of Agricultural and Resource Economics, Univ. CA, Berkeley, working paper N° 578.
- Enete A.A., Nweke F.I. & Tollens E. 2004, Gender and cassava processing in Africa. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 43, 1, 57-69.
- FAO, 1996, Food for consumers: marketing, processing and distribution. Technical background document N° 8, World Food Summit, 13-17 November, 1996, FAO, Rome, Italy.
- Goetz S.J., 1992, A selective model of household food marketing behaviour in sub-Saharan Africa. *American Journal of Agricultural Economics*, 74, 2, 444-452.
- Hahn S.K., 1989, An overview of African traditional cassava processing and utilization outlook on agriculture, 18, 3, 110-118.
- Hirshleifer J., 1973, Exchange theory: the missing chapter. *Western Economic Journal*, 11, 129-146.
- IITA, 1990, Cassava in Tropical Africa: a reference manual. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- Key N., Sadoulet E. & de Janvry A., 2000, Transaction costs and agricultural household supply response. *American Journal of Agricultural Economics*, 83, 345-259.
- Mass-Colell A., Whinston M.D. & Green J.R., 1995, *Microeconomic theory*: Oxford University press, Oxford.
- Nweke F.I. 1996, Cassava: a cash crop in Africa, COSCA working paper N° 14, collaborative study of cassava in Africa, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- Nweke F.I., 1994, Processing potentials for cassava production growth in sub-Saharan Africa. COSCA Working Paper N° 11. COSCA, IITA, Ibadan Nigeria.
- Nweke F.I., Ugwu B.O., Dixon A.G.O., Asadu C.L.A. & Ajobo O., 1999, Cassava production in Nigeria: a function of farmer access to markets and improved production and processing techniques. COSCA Working Paper N° 20, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
- Okereke O., 1983, Inter-regional trade in food in the Economic Community of West African States (ECOWAS): prospect and problems. *The African Review*, 9, 2, 1-15.
- Olayemi J.K., 1973, Rice marketing and prices: a case study of Kwara State of Nigeria. *Bulletin of rural Economic and Sociology*, 8, 2, 211-242.
- Polson R.A. & Spencer D.S.C., 1991, The technology adoption process in subsistence agriculture: the case of cassava in Southwestern Nigeria. *Agricultural Systems*, 36, 1, 65-78.
- Rizov M., 2000, Human capital, transaction costs and production organization of rural households in transition economies. Ph.D dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- Tollens E., 1996, Preface to cassava production and marketing in Zaire by Frans Gossens. Leuven University press, Leuven, Belgium.
- Tollens E., 1992, Cassava marketing in Zaire: an analysis of its structure, conduct and performance *In*: Traditional marketing systems, Cammann, L. (ed.), proceedings of an international workshop held from 6-8 July, 1992 at Feldafing. Deutsche Stiftung Für Internationale Entwicklung (DSE), Feldafing, Germany, pp. 113-127.
- Varian H.R., 2003, *International microeconomics: a modern approach*. Sixth edition, W.W. Norton & Co. New York.
- Verbeek M., 2000, *A guide to modern econometrics*. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, England.

A.A. Enete, Nigerian, PhD, Lecturer at the Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka (UNN), Nigeria.

E.M. Igbokwe, Nigerian, PhD, Professor of Agricultural/rural Sociology and Head, Department of Agricultural Extension.

Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae)

Agnès Flore Ndomo^{1,2}, A.L. Tapondjou^{1*}, F. Tendonkeng³, Félicité Mbiopo Tchouanguep²

Keywords: Essential oil- Biopesticide- Insecticide- Integrated management- Cameroon

Résumé

L'évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle, de la poudre et de l'extrait à l'acétone des feuilles sèches de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae), principal ravageur du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) stocké au Cameroun a été réalisée au Laboratoire de Chimie Appliquée et Environnementale de l'Université de Dschang de novembre 2003 à avril 2004. L'élevage des bruches et les tests de toxicité ont été réalisés en conditions de laboratoire dans des boîtes de Pétri à une température de 24 ± 1 °C et une humidité relative de $85 \pm 5\%$. A la fin du premier jour d'exposition, les plus fortes doses d'huile essentielle appliquées sur graines (0,40 µl/g) et sur papier filtre (0,251 µl/cm²) avaient causé respectivement 72,6% et 80% de mortalité. Ces chiffres de mortalité ont atteint au quatrième jour d'exposition 97,5% et 100% respectivement, tandis qu'aucune mortalité n'était enregistrée dans les boîtes témoins traitées uniquement à l'acétone. Les valeurs de LD_{50} de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* contre les adultes d'*A. obtectus* calculées à la fin du deuxième jour d'exposition ont été de 0,103 µl/cm² pour le contact sur papier filtre et de 0,152 µl/g pour le contact sur graines. De plus, cette huile a présenté un taux de répulsion moyen de 60,8% (défini comme étant le taux d'insectes repoussés par l'huile essentielle). Par contre, la poudre et l'extrait acétonique des feuilles de *C. viminalis* se sont montrés inefficaces contre les adultes de cette bruche aux doses testées.

Summary

Evaluation of the Insecticidal Effect of Leaves from *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) against a Major Bean Pest: *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae)

Efficacy of essential oil, dried leaf powder and acetonic extract from dry leaves of *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) against *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae), a major *Phaseolus vulgaris* pest of stored beans in Cameroon was evaluated in the Laboratory of Environmental and Applied Chemistry of the University of Dschang from November 2003 to April 2004. Breeding of bruchids and the different tests were carried out in Petri dishes at room temperature (24 ± 1 °C) and at $85 \pm 5\%$ relative humidity. Results revealed that at the end of the first day of exposure, the highest concentrations of essential oil applied on grains (0.40 µl/g) and on filter paper discs (0.251 µl/cm²) caused 72.6% and 80% mortality rates, respectively. These rates increased up to 97.5% and 100% respectively after four days of exposure whereas no mortality was recorded in the acetone-treated controls. LD_{50} values of the essential oil from *C. viminalis* leaves against adults of *A. obtectus* calculated after two days of contact through filter paper discs and on grains were 0.103 µl/cm² and 0.152 µl/g, respectively. In addition, oil repellency average (defined as the average rate of insects repelled by the oil) was amounted to 60.8%. Both powder and acetonic extract showed no activity against the insects at the tested concentrations.

Introduction

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants. Même si le problème se pose de manière globale, il est plus important dans les pays en voie de développement et dans ceux de l'Afrique en particulier à cause des conditions climatiques favorables à leur

développement (2).

La bruche du haricot commun, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae) est l'une des espèces les plus importantes sur stocks de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) (20). On la rencontre en zones tropicales et subtropicales. Elle est présente au Cameroun où elle cause des dégâts

¹Université de Dschang, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Laboratoire de Chimie Appliquée et Environnementale, BP 183, Dschang, Cameroun.

²Université de Dschang, Facultés des Sciences, Département de Biochimie, Laboratoire de Biochimie des plantes médicinales, des Sciences alimentaires et nutrition, BP 67, Dschang, Cameroun.

³Université de Dschang, F.A.S.A, Département des Productions Animales, BP 222, Dschang Cameroun.

*Corresponding author: Email: tapondjou2001@yahoo.fr, Tel: (237) 75004826, Fax: (237) 3451202

Reçu le 18.11.05 et accepté pour publication le 28.04.09.

non négligeables aussi bien en champ que dans les magasins de stockage (13). Cardona et Karel (5) donnent une marge de perte annuelle de 7 à 73% du haricot stocké dû à l'infestation par *A. obtectus* au Nigeria.

L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (8, 18). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi. Il s'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus, du développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays (10), ainsi que de prix relativement élevés et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés locaux.

Comme méthode alternative de lutte, certains paysans à faible revenu utilisent dans certaines régions des plantes à effet insecticide pour protéger les denrées alimentaires en stockage. Ainsi, dans les hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun certaines plantes comme *Clausena anisata*, *Cupressus sempervirens*, *Capsicum frutescens*, *Chenopodium ambrosioides*, *Eucalyptus saligna* ou *Lantana camara* sont couramment utilisées pour ce type de protection (16, 23). De nombreuses études ont été mises en place depuis un certain temps pour isoler ou identifier des métabolites secondaires extraits des plantes qui ont une activité anti-insecte.

L'objectif principal du présent travail est l'évaluation au laboratoire des effets insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* W. (Myrtaceae) vis-à-vis d'*Acanthoscelides obtectus*, principal ravageur du haricot commun en stock. Il importe de souligner que *C. viminalis* dont les effets insecticides de la poudre et de l'huile essentielle n'ont jusqu'ici pas été démontrées, est une plante ornementale et populaire dans plusieurs pays tropicaux grâce à la beauté de ses feuilles persistantes et toujours vertes (3). Communément appelée *Bottlebrush* ou «rince bouteille», on la retrouve le long des rues et dans les jardins botaniques dans les tropiques (3). Le genre *Callistemon* en général est utilisé traditionnellement comme insecticide et également pour soigner la bronchite (11). Les propriétés insecticides des chromènes isolées de l'extrait à l'hexane des tiges et feuilles de *C. viminalis* ont été mises en évidence contre *Musca domestica*, *Aphis fabae* et *Thrips tabaci* (9). De plus, des propriétés antibactériennes et anthelminthiques de l'huile essentielle des feuilles de cette plante ont également été démontrées (3). Dans notre vaste programme de recherche sur l'évaluation des propriétés insecticides des plantes locales utilisées par les paysans des hauts plateaux de l'Ouest Cameroun pour la protection des denrées post récoltes (23, 24, 25), *C. viminalis* a été sélectionné pour la présente étude.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les feuilles de *Callistemon viminalis* ont été récoltées en début novembre 2003 au campus de l'Université de Dschang, puis séchées à température ambiante (24 ± 1 °C) pendant 7 jours au laboratoire où l'extraction de l'huile essentielle, la préparation de la poudre et de l'extrait organique pour les bioessais ont eu lieu.

Extraction et caractérisation chimique de l'huile essentielle

L'huile essentielle a été extraite de feuilles sèches de *C. viminalis* (1.450 g) par la technique d'hydrodistillation pendant 6 heures à l'aide d'un appareil de type Clevenger, puis déshydratée avec du sulfate de sodium anhydre. L'extraction a conduit à une huile de couleur jaune pâle avec une odeur forte et persistante. Le rendement a été de 0,85% par rapport au poids du matériel végétal sec. Elle a été conservée au réfrigérateur à + 4 °C jusqu'à son utilisation. Son analyse chimique a été effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 H muni d'une colonne de type ZB Wax (30 m x 0,25 mm, d.i. = 0,25 µm) et couplé à un spectromètre de masse HP 5972 dans les conditions suivantes:

- la température du four variait entre 50 et 250 °C à une vitesse de 5 °C/min;
- le gaz vecteur était l'hélium;
- la température d'injection était de 250 °C et température d'interphase de 350 °C.

L'identification des constituants (Tableau 1) s'est faite à partir de leurs spectres de masse et de leurs indices de rétention dans la phase stationnaire en comparaison avec ceux de la banque des données informatisée de l'Institut de Chimie de l'Université de Neuchâtel, Suisse. La quantification de chaque composé a été effectuée par intégration de son pic sur le spectre du chromatographe en phase gazeuse.

Préparation de la poudre et de l'extrait à l'acétone

Des feuilles sèches de *C. viminalis* (250 g) ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique (Jankle and Kunkel KG, Typ A10, N5614, Germany) pour donner une poudre dont 100 g ont été passés sur un tamis de maille de 0,5 mm de diamètre afin d'obtenir une poudre fine de granulométrie homogène. La quantité de poudre restante (150 g) a été macérée dans 3 litres d'acétone pendant 3 jours, puis filtrée sur du papier filtre Whatman n° 1. Le filtrat résultant a été concentré à sec à l'évaporateur rotatif de marque Büchi R-124 pour le débarrasser de l'acétone. L'extrait ainsi obtenu a été conservé au réfrigérateur à + 4 °C jusqu'à son utilisation ultérieure.

Conditionnement des graines de haricot commun (*Phaseolus vulgaris*)

La variété de haricot «petit grain rouge», communément

appelée «Méringué» dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun utilisée pour l'élevage des bruches et les bioessais a été achetée au marché de Dschang. Les graines ont été triées, lavées et conservées à l'étuve à une température de 50 °C pendant 12 heures, afin de les débarrasser de toute trace d'insecticides et d'en éliminer toute forme vivante d'insectes ou d'œufs qui n'auraient pas été éliminées pendant le tri.

Elevage des bruches

Dans le souci d'obtenir une population homogène et suffisante d'insectes adultes pour les différents tests biologiques, un élevage de masse a été effectué avec des insectes adultes collectés dans le stock de haricot d'une paysanne à l'Ouest Cameroun et dont l'identification a été confirmée par les entomologistes du Département de protection des végétaux de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agronomiques de l'Université de Dschang. Cet élevage a été réalisé sur des graines de haricot commun, variété «petit grain rouge» à l'obscurité à une température de 24 ± 1 °C et une humidité relative de $85 \pm 5\%$ conformément à la méthode utilisée par Tapondjou *et al.* (25). Ceci étant, les adultes non sexés âgés de 2 jours au plus (à compter de leur sortie des graines) ont été chaque fois utilisés pour les tests biologiques.

Bioessais

Les bioessais ont été effectués au laboratoire dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, à une température moyenne de 24 ± 1 °C et une humidité relative de $85 \pm 5\%$.

Toxicité par contact de l'huile essentielle sur papier filtre

Plusieurs tests préliminaires ont été effectués afin de choisir les doses à utiliser. Ainsi, quatre doses ont été préparées en diluant chaque fois dans 1 ml d'acétone les volumes respectifs de 2, 4, 8 et 16 µl d'huile essentielle. Chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une rondelle de papier filtre (Whatman n° 1) de 9 cm de diamètre (soit 63,62 cm² de surface) posée dans une boîte de Pétri en verre de même diamètre (14, 15, 24). Cette rondelle a été laissée à la température ambiante pendant 15 minutes pour permettre l'évaporation complète du solvant de dilution. Ainsi, si l'on veut exprimer les différentes quantités d'huile essentielle (2, 4, 8 et 16 µl) par unité de surface de papier filtre (63,62 cm²) ceci correspond aux doses 0,031; 0,062; 0,125 et 0,251 µl/cm² respectivement. Pour la cinquième dose ou témoin, la rondelle était traitée uniquement à l'acétone. Un lot de 20 insectes adultes non sexés fraîchement prélevés de leur milieu d'élevage et âgés de deux jours au plus (après leur émergence des graines) a été introduit dans chaque boîte de Pétri contenant une rondelle traitée; puis les boîtes ont été immédiatement refermées. Quatre répétitions ont été effectuées pour

chaque dose et les insectes morts ont été comptés (et maintenus dans les boîtes) toutes les 24 heures pendant quatre jours.

Les mortalités dans les boîtes traitées (Mo) ont été exprimées selon la formule d'Abbott (1) en mortalités corrigées (Mc), tenant compte des mortalités naturelles observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante:

$$Mc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100 \quad (1)$$

La méthode de Finney (7) basée sur la régression des probits des mortalités en fonction des logarithmes des doses d'huile essentielle a permis de déterminer la DL₅₀.

Toxicité par contact de l'huile essentielle sur graines

Comme précédemment, quatre doses (2, 4, 8 et 16 µl/ml) de solution acétonique d'huile essentielle ont été préparées. Un ml de chaque dose a été ajouté à 40 g de graines contenues dans une boîte de Pétri, puis l'ensemble a été homogénéisé de manière à ce que toutes les graines soient uniformément enrobées. Dans les boîtes témoins, les graines ont été traitées uniquement à l'acétone. Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque dose, puis chaque boîte a été infestée par un lot de 20 insectes adultes non sexés et âgés de deux jours au plus après leur émergence des graines. Le comptage des insectes morts a été réalisé toutes les 24 heures pendant une période de 4 jours. Les mortalités enregistrées dans les lots de graines traitées ont été exprimées après la correction des résultats du témoin selon la formule d'Abbott (1). La DL₅₀ a été déterminée par la méthode de Finney (7) (voir plus haut).

Effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre

L'effet répulsif de l'huile essentielle à l'égard des adultes d'*A. obtectus* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald *et al.* (12). Ainsi, les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux parties égales ayant chacune 31,80 cm² de surface. Quatre doses d'huile ont été préparées (2, 4, 8 et 16 µl/ml) par dilution dans l'acétone. Ensuite; 0,5 ml de chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une moitié du disque correspondant donc respectivement aux doses de 0,031; 0,062; 0,125 et 0,251 µl/cm² tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml d'acétone.

Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri et un lot de 20 insectes adultes non sexés, âgés de deux jours au plus (après leur sortie des graines) a été placé

au centre de chaque disque. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose.

Au bout de deux heures, le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre traitée à l'huile essentielle (N_t) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (N_c) ont été relevés. Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$PR = \frac{N_c - N_t}{N_c + N_t} \times 100 \quad (2)$$

Le pourcentage moyen de répulsion pour l'huile essentielle a été calculé et attribué selon le classement de McDonald *et al.* (12) à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V: classe 0 (PR < 0,1%), classe I (PR = 0,1 – 20%), classe II (PR = 20,1 – 40%), classe III (PR = 40,1 – 60%), classe IV (PR = 60,1 – 80%) et classe V (PR = 80,1 – 100%).

Toxicité par contact des graines traitées par la poudre de feuilles

La poudre obtenue à partir des feuilles sèches de *C. viminalis* a été mélangée à 40 g de graines de haricot contenu dans des boîtes de Pétri, à des doses respectives de 1, 2, 4 et 8 g/40 g de graines. Après avoir manuellement agité le mélange, un lot de 20 insectes adultes non sexés âgés de deux jours au plus (après leur émergence des graines) a été introduit dans chaque boîte de Pétri. Dans le lot témoin, les graines n'ont subi aucun traitement. Tous les essais ont été réalisés en quatre répétitions et le comptage des insectes morts a été effectué toutes les 24 heures pendant quatre jours.

Toxicité par contact de l'extrait acétonique sur graines

Quatre solutions d'extrait (50, 100, 200 et 400 mg/ml) ont été préparées par dissolution dans de l'acétone. Ensuite, à l'aide d'une seringue, 1 ml de chacune de ces solutions a été mélangée à 40 g de graines de haricot contenu dans des boîtes de Pétri. Le mélange a été agité manuellement pendant cinq minutes de manière à ce que toutes les graines soient uniformément enrobées, puis laissé à la température ambiante pendant 30 minutes pour permettre l'évaporation complète de l'acétone. Un lot de 20 insectes adultes non sexés et âgés de deux jours au plus a été introduit dans chacune des boîtes. Dans les boîtes témoins, les graines ont été traitées uniquement à l'acétone. Pour chaque dose ainsi que les témoins quatre répétitions ont été effectuées et le comptage des insectes morts a été réalisé toutes les 24 heures pendant une période de quatre jours.

Analyse statistique

Les pourcentages des mortalités cumulées dans le temps en fonction des doses d'huile essentielle ont été soumis à une analyse de la variance à une dimension.

Lorsqu'il existait des différences entre les traitements, les moyennes étaient séparées par le test de Student (logiciel SPSS 10:0) au seuil de signification 5% (22).

Résultats

Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Callistemon viminalis*

Le résultat de l'analyse chimique de l'huile essentielle est représenté dans le tableau 1. Il en ressort que 13 composés représentant environ 85% de cette huile ont été identifiés comme constituants majoritaires. Ils sont constitués essentiellement de monoterpènes hydrocarbonés [3-carène (8,61%), limonène (7,01%)] et de deux monoterpènes oxygénés [eucalyptol (58,49%), α -terpinol (5,83%)].

Tableau 1
Principaux constituants chimiques de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis*

Nom du composé	Temps de rétention	Teneur (%)
3-carène	4,75	8,61
2-méthylpropylisobutyrate	6,13	0,44
β -pinène	6,52	0,93
Isoamylacétate	6,89	0,12
Limonène	8,89	7,01
Eucalyptol (1,8-cinéole)	9,20	58,49
α -pinène	10,02	0,38
o-cimène	10,75	0,81
β -linalool	17,82	1,00
4-terpinenol	19,30	0,79
Ocimenol	20,95	0,18
α -terpinol	21,57	5,83
Eugénol	31,80	0,17

Toxicité de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sur papier filtre

La figure 1 illustre l'évolution des pourcentages des mortalités cumulées et corrigées par rapport au témoin des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* utilisée. On observe une variation du taux de mortalité avec la dose d'huile essentielle testée et le temps. La plus forte dose (0,251 μ l/cm²) occasionne une mortalité totale (100%) des bruches au quatrième jour d'exposition. La faible valeur de la DL₅₀ (0,103 μ l/cm²) calculée après deux jours d'exposition confirme le degré élevé de toxicité de cette huile essentielle sur papier filtre vis-à-vis de ces insectes.

Toxicité de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sur graines

La figure 2 illustre l'évolution des pourcentages des mortalités cumulées et corrigées des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sur les graines. Il apparaît comme dans le cas précédant une

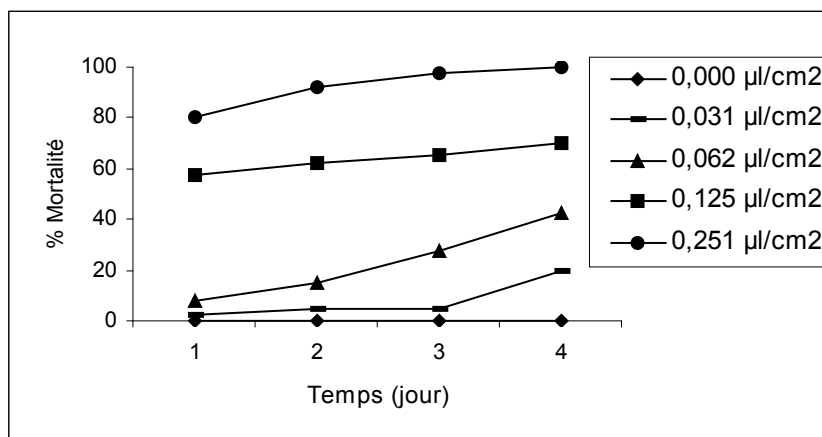


Figure 1: Evolution des pourcentages des mortalités cumulées des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sur papier filtre.

augmentation du pourcentage de mortalité des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle. Aucune mortalité n'a été observée dans le lot témoin pendant la durée d'exposition. La plus forte dose (0,40 µl/g) occasionne une mortalité de 97,5% des bruches au quatrième jour d'exposition. La faible valeur de la DL_{50} (0,152 µl/g) calculée après deux jours d'exposition confirme le degré élevé de toxicité de cette huile essentielle sur graines vis-à-vis de ces bruches.

Effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre

Les pourcentages de répulsion des différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sont récapitulés dans le tableau 2. Il en ressort qu'après deux heures d'exposition, les différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* (0,031; 0,062; 0,125; et 0,251 µl/cm²) ont occasionné respectivement 36,6; 56,6; 70 et 80% de répulsion vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus*. Ceci montre

clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose. A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* a également une activité insectifuge à l'égard des adultes de cette bruche et appartiendrait selon le classement de McDonald *et al.* (12) à la classe répulsive IV avec un taux de répulsion moyen de 60,8%.

Tableau 2
Pourcentages (%) de répulsion sur papier filtre de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus*

Dose (µl/cm²)	Taux de répulsion (%)
0,031	36,6 ± 5,7
0,062	56,6 ± 5,7
0,125	70,0 ± 0,0
0,251	80,0 ± 0,0
Moyenne	60,8 ± 18,7
Classe répulsive	IV

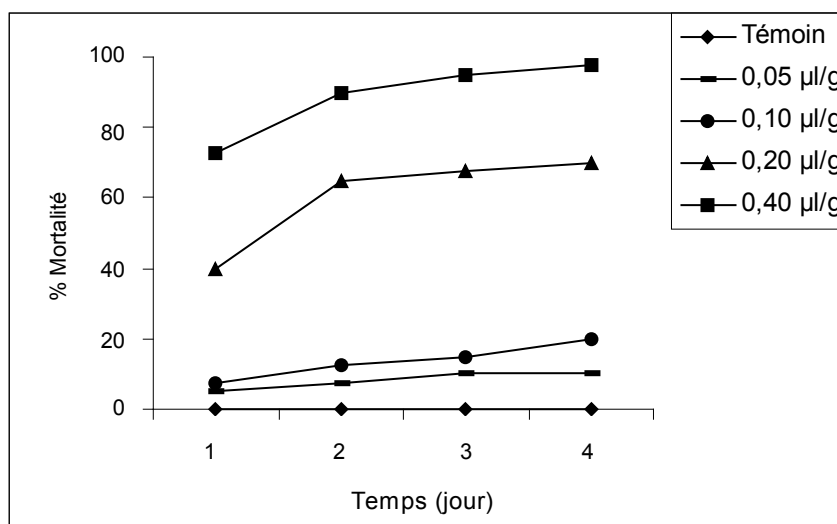


Figure 2: Evolution des pourcentages des mortalités cumulées des adultes d'*A. obtectus* en fonction du temps et de la dose de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* sur graines.

Toxicité par contact de la poudre et de l'extrait acétonique des feuilles de *C. viminalis* sur graines

Pour ces deux tests, aucune mortalité n'a été enregistrée tant dans les lots traités que dans les témoins au bout de quatre jours d'exposition. Ceci étant, la poudre et l'extrait organique sont inefficaces à l'égard des adultes d'*A. obtectus* aux doses testées.

Discussion

La teneur en huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* apparaît bien plus forte (0,85%) comparée à celle obtenue (0,45%) par Srivastava *et al.* (21) pour la même espèce récoltée en Inde. Cette différence en termes de rendement pourrait être due à une différence de conditions climatiques entre les deux sites de récolte et à la période du cycle où la plante a été récoltée (4). Néanmoins, en termes de composition chimique, il existe une similitude entre l'huile essentielle de *C. viminalis* d'origine camerounaise et celle d'origine indienne. En effet, ces deux échantillons d'huiles essentielles sont constitués essentiellement de monoterpènes hydrocarbonés et oxygénés avec dans chaque cas l'eucalyptol (1,8-cinéole) comme constituant majoritaire, de part sa teneur.

Dans cette étude, l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* s'est révélée être fortement répulsive et toxique tant sur graines que sur papiers filtres à l'égard des adultes d'*A. obtectus*. Par contre, la poudre et l'extrait acétonique n'ont montré aucune activité insecticide aux doses testées vis-à-vis de cette bruche; ce qui nous amène à penser que le principe actif serait probablement un ou des constituants volatils contenus dans l'huile essentielle.

Les effets toxiques et répulsifs de cette huile essentielle pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes (6). En effet, l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis*, contient essentiellement des monoterpènes hydrocarbonés tel que l' α -pinène dont les propriétés insecticides ont déjà été démontrées vis-à-vis de *Tribolium confusum* (15), et des monoterpènes oxygénés comme le 1,8-cinéole

(eucalyptol), le linalool, l'eugénol et le cymol dont les propriétés insecticides ont également déjà été démontrées vis-à-vis de plusieurs insectes, entre autres *Tribolium confusum*, *T. castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica* et *Callosobruchus maculatus* (14, 17, 19, 24).

De même, le caractère répulsif de cette huile contre les adultes d'*A. obtectus*, pourrait également être expliqué par sa forte teneur en eucalyptol (1,8-cinéole). En effet, dans une étude sur l'activité biologique du 1,8-cinéole contre les charançons des denrées alimentaires stockées, Obeng-Ofori *et al.* (14) ont démontré l'effet répulsif de ce constituant à l'égard de *Sitophilus granarius* et *S. zeamais*.

Cependant, il serait difficile de penser que l'activité insecticide de cette huile se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants.

Conclusion et recommandations

Ces résultats démontrent néanmoins que les feuilles de *Callistemon viminalis* à l'instar de celles de *Cupressus sempervirens*, *Eucalyptus saligna* et *Chenopodium ambrosioides* déjà utilisées par les populations des hautes terres de l'Ouest Cameroun pour la protection des graines en stockage (23) pourraient aussi être utilisées dans cette pratique. Les essais en milieu réel restent à effectuer pour évaluer l'efficacité pratique de cette plante car les composés de l'huile essentielle étant volatils, il est possible qu'appliqués seuls dans les structures traditionnelles de conservation des graines, ils puissent disparaître avant d'agir sur les insectes. Il est donc impératif de rechercher des méthodes de stabilisation des huiles essentielles en vue d'accroître leur efficacité.

Remerciements

Ce travail a été financé par la TWAS (Third World Academy of Sciences) à travers le projet N°02-396RG/CHE/AF/AC.

Références bibliographiques

- Abbott W.S., 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Alzouma I., 1990, Les problèmes de la post-récolte en Afrique sahélienne. In: Fouabi K. and Philogene J. (eds.). *Actes du Séminaire International de la post-récolte en Afrique*. Abidjan, Côte d'Ivoire. 29 jan. - 02 fév., pp. 22-27.
- Anonymous, 1992, *The Wealth of India*, Vol. 3, Raw Materials, Publications and Informations Directorate, CSIR: New Delhi, pp. 63-66.
- Brophy J.J., Forster P.I., Goldsack R.J., Hibbert D.B. & Punruckvong A., 1997, Variation in *Callistemon viminalis* (Myrtaceae): new evidence from volatile oils. *Australian Systematic Botany*, 10, 1-13.
- Cardona C. & Karel A.L., 1990, Key insects and other invertebrate pests of beans. In: Singh S.R. (ed.). *Insect Pests of Tropical Food Legumes*. ILTA Ibadan, Nigeria. John Wiley and Sons Ltd. pp. 157-191.
- Casida J.H., 1990, Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In: Casida J.E. (ed.). *Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control*. Amsterdam: Elsevier, pp. 11-22.
- Finney D.J., 1971, *Statistical Methods in Biological Assay*, 2nd edition. London: Griffin, 333 p.
- Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. & Verstraeten C., 1988, Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 53/2b, 719-726.

9. Khambay B.P.S., Beddie D.G., Hooper A.M., Simmonds M.S.J. & Green P.W.C., 1999, New insecticidal tetradecahydroxanthenediones from *Callistemon viminalis*. *Journal of Natural Product*, 62, 1666-1667.
10. Kumar R., 1991, La lutte contre les insectes ravageurs. La situation de l'agriculture africaine. Editions Karthala et CTA, Pays-Bas, Paris, 310 p.
11. Mahmoud I.I., Maharram F.A., Mazouk M.S., Linscheid M.W. & Saleh M.I., 2002, Polyphenolic constituents of *Callistemon lanceolatus* leaves. *Pharmazie*, 57, 494-496.
12. McDonald L.L., Guy R.H. & Speirs R.D., 1970, Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Marketing Res. Rep.* n° 882. Washington: Agric. Res. Service, US. Dept of Agric., 183 p.
13. Nonveiller G., 1984, Catalogue commenté et illustré des insectes du Cameroun d'intérêt agricole (apparition, répartition, importance). Beograd, Vojvodabrane, 210 p.
14. Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A., 1997, Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal of Applied Entomology*, 121, 237-243.
15. Ojimelukwe P.C. & Alder C., 1999, Potential of Zimtaldehyde, 4-allylanisol, linalool, terpinol and others phytochemicals for the control of the confused flour beetle (*Tribolium confusum* J.D.C.) (G.L. Tenebrionidea). *Journal of Pest Science*, 72, 81-86.
16. Parh I.A., Forbuzo B.C., Matheney E.L. & Ayafor J.F., 1998, Plants used for control of insects pests on stored grains in parts of North west Highland Savannah Zone of Cameroon. *Sciences Agronomique et Développement*, 1, 1, 54-60.
17. Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B. & Foster J.E., 1998, Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzoperta dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Journal of Stored Products Research*, 34, 4, 243-249.
18. Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R. & Simonaitis R.A., 1988, Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *Journal of Economic Entomology*, 81, 718-721.
19. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1995, Efficiency of plants from South of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Stored Products Research*, 29, 3, 259-264.
20. Singh S.R., Jakai L.E.N., Dos Santos J.H.R. & Adalla C.B., 1990, Insect pests of cowpea. In: Singh S.R., Van Emden H.F. & Taylor J.A., (eds.) *Pest of grain legumes: ecology and control*, London/New-York, Academic press, pp. 219-229.
21. Srivastava S.K., Ahmad A., Syamsunder K.V., Aggarwal K.K. & Khanuja S.P.S., 2003, Essential oil composition of *Callistemon viminalis* leaves from India. *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 361-363.
22. Steel R.G. & Torrie J.H., 1980, *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw Hill Book C., 633 p.
23. Tapondjou L.A., Bouda H., Fontem D.A., Zapfack L., Lontsi D. & Sondengam B.L., 2000, Local plants used for traditional stored product protection in the Menoua division of the western highland of Cameroon. *Integrated Protection of Stored Products*, IOBC Bulletin, 23, 10, 73-77.
24. Tapondjou L.A., Alder C., Fontem D.A., Bouda H. & Reichmuth C., 2005, Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41, 91-102.
25. Tapondjou L.A., Alder C., Bouda H. & Fontem D.A., 2003, Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambroïdes* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab.(Coleoptera: Bruchidae). *Cahiers Agriculture*, 12, 401-407.

Agnès Flore Ndomo, Camerounaise, Doctorante au Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

A.L. Tapondjou, Camerounais, Docteur d'état ès Science Physique, spécialité Chimie des substances naturelles, Maître de conférences au Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

F. Tendonkeng, Camerounais, Doctorant au Département de Productions Animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

Félicité Mbiopo Tchouanguep, Camerounaise, PhD en Biochimie, Professeur au Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

Utilisation agricole de plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 1. Inventaire, abondance et caractérisation chimique des plantes aquatiques disponibles localement

P.-Y. Ancion¹, Hoang Thi Thai Hoa², Ton That P.³, Pham Khanh T.², Chiang C.N.¹, J.E. Dufey^{1*}

Keywords: Tam Giang lagoon- Salinity- Organic fertilization- Sandy soils- Vietnam

Résumé

Une pratique empirique fréquente au Centre Vietnam est d'utiliser des plantes aquatiques à diverses fins, et notamment en tant qu'amendement des sols. Cette pratique contribue à augmenter les entrées de matière organique dans les systèmes de production, ce qui est particulièrement crucial dans les zones sableuses où les sols sont intrinsèquement peu fertiles. Dans la province de Thua Thien Hue, la grande lagune de Tam Giang (22.000 ha) constitue une source potentiellement très importante de biomasse exogène pour l'agriculture. La présente étude dresse un inventaire des macrophytes submergés et des algues de la lagune durant la période février-avril 2005. Douze espèces de macrophytes appartenant aux familles des Potamogetonaceae, Najadaceae, Cymodoceaceae, Hydrocharitaceae, Ceratophyllaceae et Haloragaceae, et 5 espèces d'algues appartenant aux familles des Ulvaceae, Cladophoraceae, Characeae et Gracilariaceae ont été identifiées. Leur abondance varie fortement en fonction de l'espèce et de la position dans la lagune qui conditionne le niveau de salinité, la profondeur et le type de sédiments dans lequel s'ancrent les macrophytes. Les biomasses fraîches les plus importantes pour des tapis végétaux monospécifiques ont été relevées pour Vallisneria spiralis (3,1 kg.m⁻²), Najas indica (2,9 kg.m⁻²), Halodule tridentata (2,5 kg.m⁻²) et Cymodoceae rotundata (2,3 kg.m⁻²). Toutes les plantes ont été collectées selon les techniques des agriculteurs et leur composition chimique a été déterminée. Pour les macrophytes, les gammes de teneurs suivantes ont été mesurées (en % de la matière sèche): N 1,0 à 3,5; P 0,08 à 0,45; K 1,0 à 4,2; Mg 0,3 à 1,4; Ca 0,7 à 2,8; Na 0,7 à 7,6; ce qui met en évidence des valeurs fertilisantes potentielles très différentes selon les espèces. Les algues présentent des teneurs encore plus contrastées selon les espèces pour la plupart de ces éléments. La teneur en Na est partiellement expliquée par le niveau de salinité du lieu de prélèvement.

Summary

Agricultural Use of Aquatic Plants, mainly as Soil Amendment, in the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. 1. Inventory, Abundance and Chemical Characterization of Collected Plants

The use of aquatic plants for various purposes, and notably as organic amendment for sandy soils with low inherent fertility is a frequent empirical practice in Central Vietnam. In the Thua Thien Hue Province, the Tam Giang lagoon covering 22,000 ha represents a source of exogenous biomass potentially important for agriculture. The present study makes an inventory of the submerged macrophytes and the algae occurring in the lagoon during the period of February-April 2005. Twelve species of macrophytes (belonging to the Potamogetonaceae, Najadaceae, Cymodoceaceae, Hydrocharitaceae, Ceratophyllaceae, and Haloragaceae families) and five of algae (belonging to the Ulvaceae, Cladophoraceae, Characeae, and Gracilariaceae families) were identified. Their abundance varies significantly following species and location in the lagoon. Indeed, the salt concentration, the water depth and the type of sediments in which the macrophytes are anchored are submitted to large variations depending on position in the lagoon. The highest values of fresh biomass measured for monospecific vegetal mats were observed for Vallisneria spiralis (3.1 kg.m⁻²), Najas indica (2.9 kg.m⁻²), Halodule tridentata (2.5 kg.m⁻²) and Cymodoceae rotundata (2.3 kg.m⁻²). The concentrations of main elements were determined in samples of all plant species. In the macrophytes, the following ranges of element concentrations (in % of dry matter) were found: N 1.0 to 3.5; P 0.08 to 0.45; K 1.0 to 4.2; Mg 0.3 to 1.4; Ca 0.7 to 2.8; Na 0.7 to 7.6. These variations indicate that the fertilization capacity of aquatic plants when they are used as soil amendment can vary to a large extent according to the species. Even more contrasted element concentrations were found for the algae. The Na concentrations in the collected plants can be partly explained by the salinity level met in the sampling areas.

¹Université catholique de Louvain, Soil Science Laboratory, Croix du Sud 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium. *Corresponding author joseph.dufey@uclouvain.be

²Hue University of Agriculture and Forestry, 102 Phung Hung, Hue City, Vietnam.

³Hue University, College of Sciences, 27 Nguyen Hue street, Hue City, Vietnam

Reçu le 07.03.07 et accepté pour publication le 28.05.09.

Introduction

Le niveau de vie des familles paysannes du Centre Vietnam est limité par la faible production agricole sur les sols sableux de la zone côtière où la majorité de la population est concentrée. En 2007, la production vivrière était de l'ordre de 287 kg par personne et par an au Centre Vietnam alors que la moyenne nationale était de 580 kg, avec un maximum de 1.075 kg dans le Delta du Mékong (Le Courrier du Vietnam, 17 octobre 2008). Dans la province de Thua Thien Hué, ces sols sableux naturellement pauvres représentent environ 50.000 ha des 84.000 ha occupés par l'agriculture (10, 12). Dans ce contexte, l'optimisation du cycle des matières organiques est vraisemblablement la clé de l'amélioration de la productivité des sols. A cet effet, certains agriculteurs utilisent des plantes aquatiques pour amender leurs sols et pour nourrir leur bétail, ce qui contribue à augmenter les intrants organiques dans le système cultural. Ces plantes sont récoltées principalement dans la grande lagune de Tam Giang (Figure 1). Ce grand ensemble lagunaire côtier couvre environ 22.000 ha (2, 3). Des plantes d'eau douce sont aussi récoltées dans les rivières, les mares et les bassins piscicoles.

Une revue de la littérature sur l'utilisation des plantes aquatiques a été publiée par Little en 1979 (7). A notre connaissance, aucune publication de synthèse n'a été réalisée ultérieurement sur ce sujet. En agriculture tropicale, la plupart des études sont consacrées à un nombre limité d'espèces telles que *Azolla* (6, 8, 23) et la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (4, 5, 7). La culture d'*azolla* est cependant devenue peu fréquente au Centre Vietnam, étant donné le climat très chaud, les sécheresses fréquentes et la commodité d'utilisation des engrais minéraux. Par ailleurs, on ne relève que de rares recherches menées sur l'utilisation agricole des espèces se développant en eau saumâtre dans les lagons côtiers (19, 20).

Etant donné le potentiel de ressources organiques exogènes que représente la lagune de Tam Giang pour l'agriculture locale et le peu de données quantitatives que fournit la littérature sur l'utilisation agricole des plantes d'eau saumâtre, une recherche a été entreprise sur la pratique empirique d'amendement des sols par ces plantes. L'objectif de cet article est de dresser un inventaire des espèces aquatiques macrophytes trouvées dans la lagune de Tam Giang et d'en tenter une caractérisation tant sur le plan de leur abondance que sur le plan de leur teneur en différents éléments potentiellement intéressants pour la fertilisation des sols. Quelques algues et deux plantes d'eau douce, la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) et la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) sont aussi intégrées dans l'étude, à titre de comparaison. La jacinthe d'eau, espèce invasive très prolifique, est largement utilisée par les

agriculteurs pour l'amendement des sols alors que la laitue d'eau est très répandue également mais ne fournit qu'une biomasse assez limitée.

Un deuxième article portera sur l'utilisation de ces plantes par les agriculteurs de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue. Les données quantitatives ainsi récoltées permettront d'évaluer l'efficacité de cette pratique empirique et éventuellement de contribuer à la dissémination de cette technologie au Centre Vietnam et dans d'autres régions tropicales bénéficiant également de ressources végétales aquatiques.

Matériels et méthodes

Inventaire des plantes aquatiques

Un inventaire exhaustif des macrophytes submergés de la lagune de Tam Giang (Figure 1) a été effectué durant les mois de février, mars et avril 2005, en plus de 50 endroits différents. Cette période correspond au début de la saison sèche où toutes les cultures d'hiver-printemps sont déjà implantées et susceptibles d'être fertilisées par des plantes aquatiques. La récolte de plantes aquatiques avant cette période, c'est-à-dire durant la saison des pluies, est rendue quasi impossible par les fréquentes inondations et les difficultés de déplacement dans la zone côtière. Par ailleurs, l'utilisation d'algues lagunaires et de plantes d'eau douce étant assez fréquente chez les agriculteurs, les plantes de ce type les plus importantes ont aussi été identifiées mais de façon non exhaustive. Les déterminations taxonomiques ont été effectuées à l'aide des ouvrages de Nguyen Huu Dinh *et al.* (11), Pham Hoang Ho (14, 15) et Ton That Phap (21), ainsi que de la documentation disponible sur internet (USDA Plants database, <http://plants.usda.gov/>). Lors de chaque prélèvement, une mesure de la conductivité électrique de l'eau a été effectuée en vue de déterminer le niveau de salinité du milieu de croissance des plantes. En effet, la salinité de la lagune est susceptible de varier dans une très large mesure (3) en fonction de la position par rapport à l'embouchure des cours d'eau et par rapport aux passes entre la lagune et la mer. La conversion des mesures de conductivité électrique (CE) en concentration pondérale en sels (C, g.L⁻¹) a été effectuée sur la base de l'équation établie de longue date (17) et confirmée par un grand nombre d'analyses chimiques des eaux de la lagune effectuées par les auteurs (non rapportées dans cet article), soit C (g.L⁻¹) ≈ 0,64 CE (Ms.cm⁻¹).

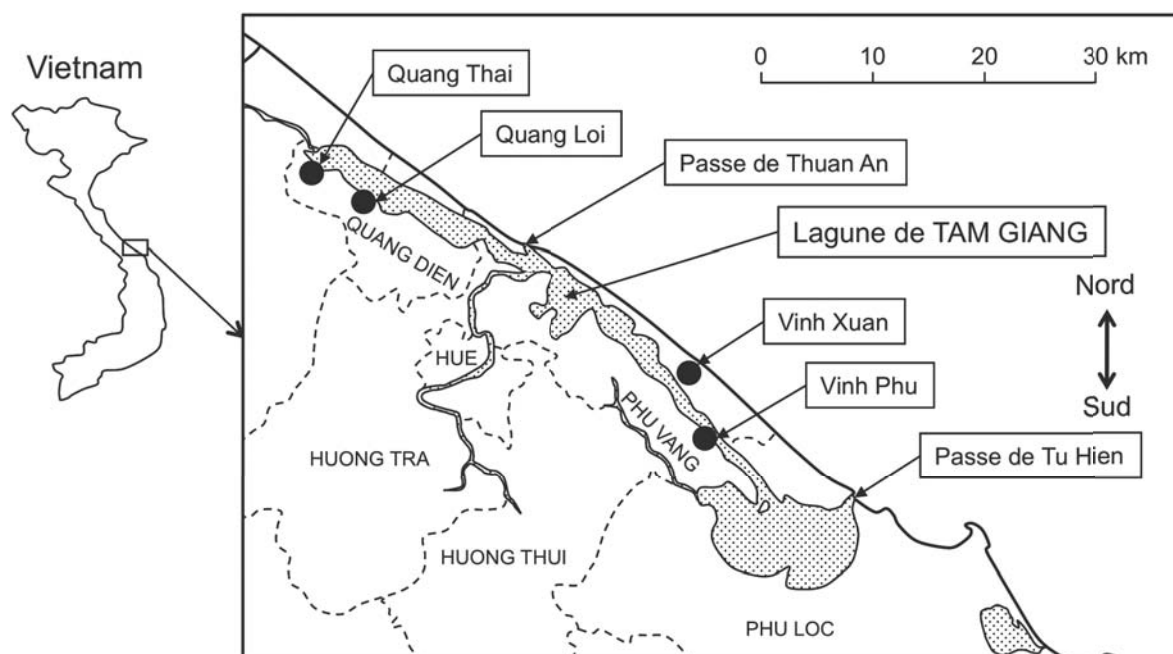


Figure 1: Carte schématique de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam (schéma tracé par les auteurs).

Abondance des espèces lagunaires

L'abondance des espèces a été évaluée en quatre endroits de la lagune dans les communes de Quang Thai et Quang Loi le 8 mars 2005, et dans les communes de Vinh Xuan et Vinh Phu le 24 mars 2005. Ces communes, deux au Nord de la lagune et deux au Sud, ont été choisies sur la base d'une large enquête socio-économique et agricole effectuée en 2004 (16). Sur chaque site, 4 parcelles de 1 m² distantes de 20 m ont été délimitées, à des distances variables de la berge où la profondeur d'eau était de l'ordre de 1 m. L'abondance relative des espèces a été déterminée par évaluation visuelle du pourcentage de recouvrement de chaque espèce, sur la base de schémas carrés présentant aléatoirement différents taux de remplissage. Ensuite, la totalité de la biomasse a été récoltée; les plantes ont été triées par espèce, rincées dans l'eau de la lagune pour enlever la terre adhérente, débarrassées de leurs racines le cas échéant, secouées vigoureusement pour enlever l'excès d'eau et pesées pour déterminer le poids de la biomasse fraîche. Par ailleurs, on a recherché des sites caractérisés par un tapis dense constitué d'une seule espèce, à savoir *Vallisneria spiralis*, *Najas indica*, *Cymodocea rotundata* ou *Halodule tridentata*. Les mesures de biomasse fraîche ont également été effectuées sur des parcelles de 1 m².

Caractérisation chimique des plantes aquatiques

Trente échantillons de plantes aquatiques, séchés à 60 °C et broyés finement, ont fait l'objet d'une analyse chimique par des méthodes classiques (24): teneur en N par la méthode Kjeldahl, teneurs en P,

K, Mg, Ca, Na sur échantillons calcinés à 450 °C, avec dissolution des cendres à l'acide et dosage des éléments par spectrophotométrie ICP (plasma à couplage inductif). La teneur en C a été évaluée en considérant que la perte de masse après calcination à 450 °C correspond approximativement au double de la teneur en C organique (1, 18).

Au moins un échantillon de chaque espèce a été analysé ainsi que plusieurs échantillons des espèces les plus importantes prélevées à des stades de développement différents ou à des endroits différents. La récolte s'est effectuée selon les pratiques locales de manière à obtenir des échantillons comparables aux matières végétales utilisées par les agriculteurs pour la fertilisation. Des échantillons d'eau ont également été prélevés afin d'observer d'éventuelles influences de la salinité de l'eau sur la composition des échantillons de plantes.

Résultats et discussion

Inventaire des plantes aquatiques

Douze espèces de macrophytes submergés ont été identifiées appartenant à deux classes différentes, dix de la classe Liliopsida et deux de la classe Magnoliopsida; cinq espèces d'algues ont été relevées dans la lagune, et par comparaison, nous avons aussi inclus dans cette étude deux plantes d'eau douce. La taxonomie et diverses caractéristiques de ces plantes sont données au tableau 1. Bien que notre inventaire ait porté sur une période limitée (février à avril), on note que seules deux espèces de macrophytes supplémentaires ont été relevées par Do Trinh Hue (3)

suite à des observations sur une plus longue durée (1998-2003), à savoir *Ruppia maritima* et *Thalassia hemprichii*. On peut en déduire que les espèces

inventoriées sont vraisemblablement présentes de façon constante dans les lagunes côtières étudiées.

Tableau 1

Taxonomie des espèces aquatiques, noms locaux, nombre de sites et période d'observation, et salinité des lieux de prélèvement

Espèce Classe Famille	Noms locaux	Nbre sites obs.	Période observ.	Salinité g. l ⁻¹	Remarques
Macrophytes submergés de la lagune					
<i>Potamogeton malaianus</i> Miq. Liliopsida Potamogetonaceae	co hoi, la tre, co ngua, rong duoi ngua	10	février mars avril	1 à 8	plante toujours mélangée à d'autres espèces, notamment <i>Vallisneria spiralis</i> et <i>Hydrilla verticillata</i> .
<i>Najas indica</i> (Willid.) Cham. Liliopsida Najadaceae	co long, rong dot, rong rau cam	14	février mars avril	1 à 26	espèce rencontrée dans la surface la plus étendue.
<i>Najas minor</i> All. Liliopsida Najadaceae	co long, rong dot, rong rau cam	4	février mars	1 à 4,5	rencontrée uniquement en petites quantités, de façon éparpillée.
<i>Cymodocea rotundata</i> Asch. & Schweinf. Liliopsida Cymodoceaceae	co he, co toc, thai kim ba rang	8	avril	17 à 33	plante toujours rencontrée sous forme de tapis dense monospécifique.
<i>Halodule tridentata</i> Unger Liliopsida Cymodoceaceae	co he, co toc	8	avril	17 à 22	rencontrée uniquement sous forme de tapis végétal monospécifique.
<i>Hydrilla verticillata</i> Royle Liliopsida Hydrocharitaceae	rong co chon, thuy thao, rong duoi cho, co dang, la cho	10	février mars avril	0 à 8	souvent rencontrée de manière éparse, en mélange avec <i>Vallisneria spiralis</i> et <i>Potamogeton malaianus</i> ; ne semble pas envahissante dans les conditions locales.
<i>Vallisneria spiralis</i> L. Torr. Liliopsida Hydrocharitaceae	rong mai cheo, rau la	14	février mars avril	1 à 8	rencontrée parfois sous forme de couvert monospécifique assez dense et parfois en mélange avec d'autres espèces.
<i>Blyxa japonica</i> Maxim. ex Asch. u. Gurk. Liliopsida Hydrocharitaceae	chan thuy	5	février avril	1 à 4,5	toujours présente de manière très éparse.
<i>Halophila ovalis</i> Hook.f. Liliopsida Hydrocharitaceae	inconnu	2	avril	19	observée dans des bassins d'aquaculture; couvert très peu dense.
<i>Halophila beccari</i> Aschers. Liliopsida Hydrocharitaceae	inconnu	6	avril	17 à 22	tapis très denses monospécifiques.
<i>Ceratophyllum cf. submersum</i> L. Magnoliopsida Ceratophyllaceae	rong duoi chon, co hoi	1	mars	/	
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. Magnoliopsida Haloragaceae	rong duoi chon, rong duoi cho gie	4	février mars avril	1 à 4,5	très fréquente dans les rivières et les mares, peu fréquente dans la lagune, souvent à proximité des arrivées d'eau douce.

Algues de la lagune				
<i>Enteromorpha flexuosa</i> J. Agardh Chlorophyceae <i>Ulvaceae lamouroux</i>	tao xanh	10	février mars	présente dans les zones peu à moyennement salées.
<i>Enteromorpha flexuosa f. submarina</i> Collins & Hervey Chlorophyceae <i>Ulvaceae lamouroux</i>	tao xanh	3	février mars	présente en quantités beaucoup plus faibles que <i>Enteromorpha flexuosa</i> .
<i>Rhizoclonium kernerii</i> Stockmayer Chlorophyceae Cladophoraceae	tao xanh	15	février mars	fréquente dans les eaux peu à moyennement salées; présente surtout aux endroits de rejet des effluents des villages dans la lagune et dans les bassins d'aquaculture isolés par des digues en terre.
<i>Chara zeilanica</i> Klein ex Willdenow Chlorophyceae Characeae	tao xanh	7	février mars avril	présence de plusieurs espèces de <i>Chara</i> dans la lagune, très ressemblantes; zones de salinité faible à moyenne et dans les bassins d'aquaculture fermés par des digues en terre; parfois en mélange avec <i>Najas indica</i> et <i>Vallisneria spiralis</i> .
<i>Gracilaria tenuistipitata</i> C.F. Chang & B.M. Xia Floridophyceae Gracilariaceae	tao nau, rau cau	20	février mars avril	zones de salinité moyenne à élevée; très fréquente, souvent cultivée et récoltée pour la fabrication de l'agar.
Plantes d'eau douce				
<i>Eichhornia crassipes</i> Solms Liliopsida Pontedeiriaceae	beo luc binh, beo nhat ban	>100	février mars avril	plante flottante avec racines immergées, envahissante, très connue dans le monde entier sous le nom de jacinthe d'eau; couvre la totalité de la surface de certains plans d'eau; rencontrée aussi dans les grands cours d'eau, notamment dans la rivière de parfums.
<i>Pistia stratiotes</i> L. Araceae	beo ong	10	février mars avril	plante flottante de petite taille connue sous le nom de laitue d'eau; moins fréquente que la jacinthe d'eau, mais présente assez souvent dans les zones inondées où le courant est faible; couvert quelquefois assez dense.

Abondance des espèces lagunaires

L'abondance des espèces mesurée en 4 sites est donnée au tableau 2. Le pourcentage de recouvrement de chaque espèce sur les parcelles de 1 m² est donné par rapport au recouvrement de l'ensemble des espèces, que celui-ci soit total ou partiel. Cinq espèces étaient présentes en mélange sur les sites de Quang Thai et Quang Loi, alors qu'une seule espèce a été observée sur les sites de Vinh Phu et Vinh Xuan. A Quang Thai, *Vallisneria spiralis* dominait largement (60% de la couverture totale), mais n'empêchait pas la prolifération d'autres espèces en quantités non négligeables. A Quang Loi, *Najas indica* et *Vallisneria spiralis* représentaient 80% de la couverture totale tout en permettant également le développement d'autres espèces. A Vinh Xuan et Vinh Phu, une seule espèce était présente mais la couverture était loin d'être totale, ce qui n'entravait donc pas le développement éventuel d'autres espèces. Cette couverture monospécifique peut être due à des conditions de sédiments et de salinité peu favorables à la biodiversité; le sol était beaucoup plus sableux et la salinité beaucoup plus élevée à Vinh Xuan et Vinh Phu qu'à Quang Thai et Quang Loi.

La biomasse végétale fraîche récoltée sur les parcelles de Quang Thai et Quang Loi était légèrement supérieure à 3 kg.m⁻² alors qu'elle était de 0,9 et 1,5 kg.m⁻² pour les couvertures monospécifiques de Vinh Xuan et Vinh Phu. Ces résultats peuvent être comparés aux mesures de biomasse effectuées sur 4 autres sites présentant un tapis dense d'une seule espèce. Ainsi, on a mesuré des biomasses fraîches de 3,1 kg.m⁻² pour *Vallisneria spiralis*; 2,9 kg.m⁻² pour *Najas indica*; 2,3 kg.m⁻² pour *Cymodocea rotundata* et 2,5 kg.m⁻² pour *Halodule tridentata*. Ces valeurs sont comparables aux données du tableau 2 pour les parcelles contenant 5 espèces, ce qui donne à penser qu'une valeur de l'ordre de 3 kg.m⁻² représente la biomasse potentielle de macrophytes dans des conditions optimales de croissance à cette période de l'année. Nos mesures d'abondance confirment celles de Do Trinh Hue (3) qui rapporte des valeurs de biomasse fraîche variant de 0,15 à 3,7 kg.m⁻².

Caractérisation chimique des plantes aquatiques

Le tableau 3 présente les résultats des analyses des échantillons de plantes aquatiques récoltés de façon

Tableau 2
Abondance relative et pondérale (MF: matière fraîche) des espèces observées sur 4 parcelles de 1 m² en 4 sites de la lagune de Tam Giang

Site	Espèces	Couverture relative	Biomasse (kg MF. m ⁻²)
Quang Thai	<i>Vallisneria spiralis</i>	60 %	2,3
	<i>Potamogeton malaianus</i>	15 %	0,3
	<i>Najas indica</i> et <i>N. minor</i>	10 %	0,3
	<i>Hydrilla verticillata</i>	10 %	0,2
	<i>Blyxa japonica</i>	5 %	< 0,1
Quang Loi	<i>Najas indica</i>	50 %	1,8
	<i>Vallisneria spiralis</i>	30 %	1,1
	<i>Hydrilla verticillata</i>	10 %	0,4
	<i>Potamogeton malaianus</i>	5 %	< 0,1
	<i>Ceratophyllum cf. submersum</i>	5 %	0,1
Vinh Xuan	<i>Halodule tridentata</i>	100 %	0,9
Vinh Phu	<i>Cymodoceae rotundata</i>	100 %	1,5

Tableau 3
Résultats des analyses de plantes aquatiques, avec indication entre parenthèses du nombre d'échantillons analysés pour une espèce donnée, s'il échet.

Espèces	MS %MF	C %MS	N %MS	C/N	P %MS	K %MS	Mg %MS	Ca %MS	Na %MS
Macrophytes submergés de la lagune									
<i>Vallisneria spiralis</i> (5)	14,0	27,4	2,08	13,2	0,25	3,95	0,48	0,88	1,66
<i>Najas indica</i> (3)	8,9	28,8	2,39	12,0	0,34	4,19	0,87	0,65	3,37
<i>Cymodoceae rotundata</i> (3)	17,9	35,6	1,43	24,9	0,19	2,01	1,23	1,12	4,50
<i>Halodule tridentata</i> (2)	17,5	36,2	1,32	27,5	0,26	2,38	1,04	2,79	3,91
<i>Potamogeton malaianus</i> (2)	13,7	33,7	2,06	16,3	0,30	2,44	0,55	0,80	1,83
<i>Blyxa japonica</i>	10,4	32,2	2,32	13,9	0,33	3,93	0,29	0,74	0,72
<i>Hydrilla verticillata</i>	15,5	36,4	1,20	30,2	0,27	1,02	0,58	0,84	2,08
<i>Ceratophyllum cf. submersum</i>	20,7	12,4	1,90	6,5	0,08	0,97	0,39	0,23	0,81
<i>Halophila becari</i>	16,3	26,3	1,68	15,7	0,26	1,90	0,85	2,19	4,73
<i>Halophila ovalis</i>	21,2	32,0	0,98	32,7	0,45	2,79	1,41	0,67	7,57
<i>Myriophyllum spicatum</i>	11,3	32,6	3,54	9,2	0,28	1,02	0,43	0,73	1,93
Algues de la lagune									
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (3)	8,5	25,6	1,43	17,9	0,12	3,14	2,44	0,72	4,60
<i>Enteromorpha flexuosa f. submarina</i>	7,9	13,4	2,04	6,5	0,07	1,09	0,77	0,34	1,46
<i>Gracilaria tenuistipitata</i>	13,8	30,5	4,37	7,0	0,15	7,99	0,60	0,41	2,51
<i>Rhizoclonium kernerii</i>	8,8	22,2	0,34	66,1	0,14	4,91	1,52	1,60	4,12
<i>Chara zeylanica</i>	16,1	22,3	1,18	18,9	0,15	1,56	1,32	8,57	0,56
Plantes flottantes d'eau douce									
<i>Eichhornia Crassipes</i>	7,2	20,6	2,30	9,0	0,22	2,67	0,41	0,45	0,30
<i>Pistia stratiotes</i>	12,4	33,0	1,04	31,8	0,35	3,53	0,38	1,39	0,66

MF: matière fraîche, MS: matière sèche

analogue à ce qui se pratique localement en vue de leur utilisation en agriculture. Les valeurs moyennes sont fournies pour les espèces ayant fait l'objet de plusieurs récoltes.

La teneur en eau est dans presque tous les cas supérieure à 80% de la matière fraîche. C'est une donnée à ne pas négliger en pratique étant entendu que le transport et la manipulation de ces récoltes de

plantes aquatiques représentent un travail très lourd. L'azote est un élément clé de la valeur fertilisante des amendements organiques et l'on observe une très grande diversité de contenus pouvant guider le choix des agriculteurs dans leur stratégie de récolte. Une autre étude a porté spécifiquement sur la capacité de fertilisation azotée d'une dizaine de plantes aquatiques (9). Le rapport C/N est important à considérer dans le processus de minéralisation-humification de ces

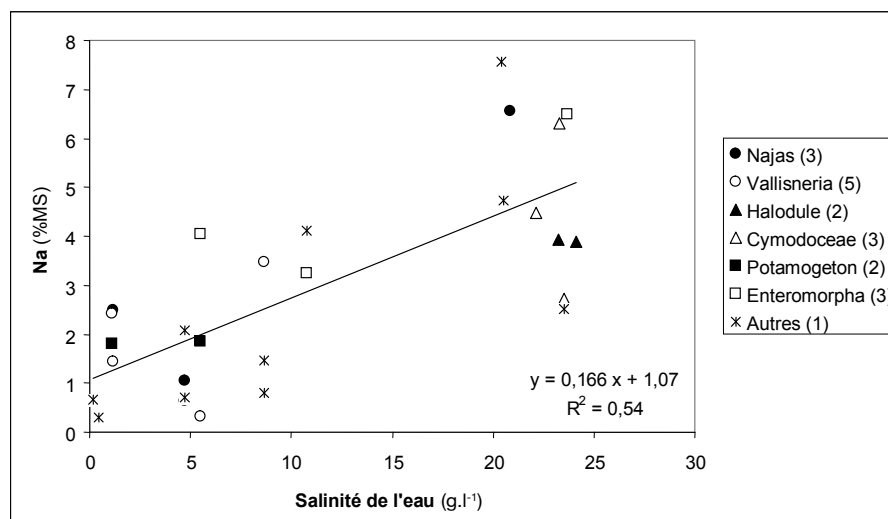


Figure 2: Relation entre la teneur en Na des plantes aquatiques (MS: matière sèche) et la salinité de l'eau. Le nombre de sites d'observation pour une espèce donnée est indiqué entre parenthèses.

plantes lorsqu'elles sont appliquées au sol. Un rapport C/N de l'ordre de 20-25 permet d'assurer une humification sans immobilisation nette d'azote inorganique du sol (13). Ainsi des plantes très utilisées en pratique comme *Najas indica*, *Vallisneria spiralis*, *Enteromorpha flexuosa* et *Eichhornia crassipes* présentent des rapports C/N faibles, ce qui, combiné à leur abondance, les rend particulièrement intéressantes en tant que source potentielle d'azote pour les cultures. Par contre, *Hydrilla verticillata* présente un rapport C/N élevé bien que ce soit une espèce très appréciée. *Rhizoclononium kernerii* est une algue très prolifique dans les bassins d'aquaculture; son rapport C/N très élevé pose cependant question pour son utilisation agricole potentielle.

Quant aux teneurs en autres éléments, on note que les algues sont particulièrement pauvres en P par rapport aux autres plantes. Les teneurs en K, élément considéré comme immédiatement disponible pour les plantes lors d'amendements organiques, sont variables, mais on note des teneurs élevées pour des plantes très utilisées comme *Vallisneria spiralis*, *Najas indica* et *Enteromorpha flexuosa*, cette dernière espèce présentant également une teneur élevée en Mg. Les teneurs en Na sont nettement plus élevées pour les plantes de la lagune que pour les plantes d'eau douce, ce qui laisse supposer une liaison à la salinité de l'eau comme montré à la figure 2. La corrélation s'avère significative au niveau $P < 0,001$, la salinité expliquant 54% de la variance des teneurs en Na.

Conclusion

Cette étude a mis en évidence la diversité de plantes aquatiques présentes dans la lagune de Tam Giang, susceptibles d'être utilisées comme amendement des

sols sableux par les agriculteurs. L'abondance de ces plantes dépend de l'espèce et de la localisation dans la lagune dont la salinité est très variable allant d'eaux relativement douces à proximité des embouchures des rivières à des eaux dont la composition est comparable à celle de l'océan au voisinage des passes entre la lagune et la mer.

La biomasse maximale relevée au cours des mois de février à avril s'élève à un peu plus de 3 kg de matière fraîche par m²; le potentiel de production de biomasse est cependant fortement tributaire des conditions locales, notamment de la nature des sédiments d'ancrage des macrophytes aquatiques et de la profondeur d'eau. L'accessibilité de ces ressources végétales doit aussi être considérée, notamment suite au développement rapide de l'aquaculture qui restreint les zones de prélèvement possible (22).

L'originalité de cette recherche réside aussi dans la caractérisation chimique des plantes aquatiques pour lesquelles peu de données sont disponibles dans la littérature et qui conditionne leur valeur fertilisante. Outre des éléments nutritifs essentiels, ces plantes contiennent des concentrations variables de sodium, partiellement reliées à la salinité du lieu de prélèvement. Un article suivant se penchera sur l'utilisation de ces plantes par les agriculteurs que l'on tentera de relier à leur disponibilité dans la lagune et dans les autres systèmes aquatiques.

Remerciements

Les auteurs remercient la CUD (Commission de Coopération au Développement des universités francophones de Belgique) pour le soutien financier apporté à ce projet de recherche. P.-Y. Ancion et Hoang Thi Thai Hoa remercient aussi la CUD et

l'Université Catholique de Louvain pour l'octroi de bourses de voyage et de recherche au Vietnam et en Belgique. Les auteurs sont très reconnaissants

à Mesdames A. Iserentant et Cl. Givron (UCL) pour leur appui technique très efficace à la réalisation des analyses chimiques rapportées dans cette étude.

Références bibliographiques

- Adams R.C., MacLean F.S., Dixon J.K., Bennett F.M., Martin G.I. & Lough R.C., 1951, The utilization of organic wastes in N.Z.: second interim report of the inter-departmental committee. New Zealand Engineering, 15, 396-424.
- Brzeski V.J. & Newkirk G.F. (Eds), 2002, Lessons in resource management from the Tam Giang lagoon, The Gioi Publishers, Hanoi, 237 p.
- Do Trinh Hue (Ed.), 2003, Atlas des lagunes de Thua Thien Hue. Connaissance pour un développement durable, Hue University, College of Sciences, and Université de Lille I, 111 p.
- Gajalakshmi S., Ramasamy E.V. & Abbasi S.A., 2002a, Vermicomposting of different forms of water hyacinth by the earthworm *Andrilus Eugeniae*, Kingberg. Bioresource Technology, 82, 165-169.
- Gajalakshmi S., Ramasamy E.V. & Abbasi S.A., 2002b, High-rate composting-vermicomposting of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*, Mart. Solms). Bioresource Technology, 83, 235-239.
- Kim Pham, 1982, L'*Azolla pinnata*, plante miracle des rizières du Vietnam. Biofutur, 1, 11-21.
- Little E.C.S., 1979, Handbook of utilization of aquatic plants. FAO Fisheries Technical paper n°187, Rome, 176 p.
- Moore A.W., 1969, *Azolla*: biology and agronomic significance. Botanical Review, 35, 17-34.
- Nève C., Ancion P.-Y., Hoang Thi Thai H., Pham Khanh T., Chiang C.N., Dufey J.E., 2009, Fertilization capacity of aquatic plants used as soil amendment in the coastal sandy area of Central Vietnam. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40, 17-18, 2658-2672.
- Nguyen Cong Loi (Ed.), 2006, Statistical yearbook 2005. Thua Thien Hue statistical office, Hue, 276 p.
- Nguyen Huu D., Huynh Quang N., Tran Ngoc B. & Nguyen Van T., 1993, Marine algae of North Vietnam. Editions Science et Technique, Hanoi (en vietnamien).
- Nguyen Van T., 2004, Characteristics of coastal arenosol soils and present utilization in Northern Central region. Vietnam Soil Science Journal, 20, 25-29 (en vietnamien).
- Paul E.A. & Clark F.E., 1989, Soil microbiology and biochemistry. Press Academy Inc., San Diego, 273 p.
- Pham Hoang H., 1972, An illustrated flora of south Viet-Nam. Maison d'édition de Saigon, Ho Chi Minh-City (en vietnamien).
- Pham Hoang H., 1993, An illustrated flora of Vietnam. Tome II Fascicule I et Tome III fascicule I. Maison d'édition Jeunes, Ho Chi Minh-City (en vietnamien).
- Pham Khanh T., Hoang Thi Thai H., Hoang Nghia D., Le Dinh H., Nguyen Dang H., Nguyen Thi D., Nguyen Minh H., Le Duc N., Pham Quang H., Lebailly P., Francis F., Haubruge E., Bragard C., Dufey J.E., 2005, Farming systems in the sandy area of the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. Survey of socio-economic situation and constraints identified by farmers. In: Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. Proceedings Symposium Khon Kaen, Thailand, Nov 28 -Dec 2, 2005, FAO Corporate Document Repository, 75-80.
- Richards L.A., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture handbook n°60. United States Department of Agriculture. Government Printing Office, Washington, 160 p.
- Richard T., 1992, Ratio of C and N. In: Rynk R. (Ed.), On-farm composting handbook. published by NRAES Ithaca (<http://compost.css.cornell.edu/calc/carbon.html>).
- Singh S.B., 1962, Preliminary experiments on the relative manorial values of some aquatic weeds as composts, pp. 141-145. In: Little E.C.S., 1979, Handbook of utilization of aquatic plants. FAO Fisheries Technical paper n°187. Rome, 176 p.
- Tate R.L. & Riemer D.N., 1988, Aquatic weed biomass disposal: effect on soil organic matter. Journal of Environmental Quality, 17, 163-168.
- Ton That P., 1993, Study about the aquatic plants in Tam Giang Lagoon in Thua Thien Hue province. PhD Thesis, Hue University, Hue-City (en vietnamien).
- Ton That P., Le Van M. & Le Thi Nam T., 2002, Sustainable development of aquaculture in Tam Giang lagoon, pp. 27-37. In: Brzeski V.J. & Newkirk G.F. (Eds.), Lessons in resource management from the Tam Giang lagoon, The Gioi Publishers, Hanoi, 237 p.
- Van Hove C. & Lejeune A., 2002, Applied aspects of *Azolla-Anabaena* symbiosis, pp. 179-193. In: Rai A.N., Bergman B. & Rasmussen U. (Eds), Cyanobacteria in symbiosis, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 368 p.
- Van Ranst E., Verloo M., Demeyer A. & Pauwels J.M., 1999, Manual for the soil chemistry and fertility laboratory. Analytical methods for soils and plants. Equipment and management of consumables, University of Ghent, Gent, 243 p.

P.-Y. Ancion, belge, bioingénieur UCL, Doctorant, University of Auckland, New Zealand.

Hoang Thi Thai Hoa, vietnamienne, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Ton That P., vietnamien, PhD, Professeur, College of Sciences at Hue University, Vietnam.

Pham Khanh T., vietnamien, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Chiang C.N., belge, Dr, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique.

J.E. Dufey, belge, Dr, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique. Gsm: 0476 75 94 53 joseph.dufey@uclouvain.be

Etude comparée de la pêche des thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la zone économique exclusive (ZEE) ivoirienne

Constance Diaha N'Guessan¹, K. N'Da¹ & K.D. Kouassi¹

Keywords: Fishing- Double dragnets- Dugouts- Minor tuna- Ivory Coast

Résumé

Les deux unités de pêches (chaluts doubles et pirogues) qui exercent en Côte d'Ivoire ont capturé 168.833,3 tonnes de thonidés mineurs. Six espèces ont été rencontrées dans les débarquements des chaluts pélagiques et Scomberomorus tritor (79%) a été la dominante de toutes (Sarda sarda, Auxis thazard, Euthynnus alletteratus, Scomber japonicus et Acanthocybium solandri). Au niveau des pirogues par contre, ce sont Auxis thazard (58%) et Euthynnus alletteratus (40%) qui ont été prépondérantes. Les grandes tailles ont été capturées par les engins filets maillants, et les petites tailles, par les chaluts pélagiques. Chez l'espèce Acanthocybium solandri c'est le contraire qui est observé. L'effort de pêche pendant les périodes froides donne des captures plus élevées et une plus grande variété d'espèces, cependant la capture par unité d'effort est restée faible. Durant toute l'année, les espèces capturées massivement en saison froide ont été Euthynnus alletteratus, Auxis thazard, Acanthocybium solandri, Scomber japonicus et Sarda sarda exploitées par les pirogues, tandis que celle de saison chaude a été Scomberomorus tritor capturé par les chaluts doubles.

Summary

Survey Compared of the Fishing of Minor Tuna by the Double Dragnets and the Dugouts in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of the Ivory Coast
The both units of peaches (double dragnets and dugouts) that practice in Ivory Coast have captured 168,833.3 tons of minor tuna. Six species have been met in the landings of the dragnets pelagic and Scomberomorus tritor (79%) was the dominant of all (Sarda sarda, Auxis thazard, Euthynnus alletteratus, Scomber japonicus and Acanthocybium solandri). On the other hand, the level of the dugouts, Auxis thazard (58%) and Euthynnus alletteratus (40%) were abounding. The big sizes have been captured by the contraptions netting nets, and the small sizes, by the dragnets pelagic. At the species it is the opposite that is observed itself. The Acanthocybium solandri effort of fishing was pronounced during the cold periods with elevated captures and many varieties of species, the catch per unit effort remained weak. During all the year, the species captured massively in cold season were Euthynnus alletteratus, Auxis thazard, Acanthocybium solandri, Scomber japonicus and Sarda sarda, exploited by the dugouts; while the one in hot season was Scomberomorus tritor captured by the double dragnets.

Introduction

La Côte d'Ivoire est un pays de l'Afrique de l'ouest situé entre le 4^{ème} et le 11^{ème} degré de latitude nord et entre le 3^{ème} et le 8^{ème} degré de longitude ouest (13). Sa façade maritime qui est longue de 550 km de côte (10), constitue un atout important pour le développement de la pêche. Cette façade encore appelée zone économique exclusive (ZEE), accueille des unités de pêches variées, qualifiées d'industrielles ou d'artisanales, qui contribuent à satisfaire les besoins accrus de la population en protéines animales. Les produits débarqués sont multiples et les thons mineurs constituent pour la plupart de ces types de pêches, la majorité des captures. Les thons majeurs sont directement utilisés par les conserveries, à l'exception des petites tailles et les rejets qui sont

vendus localement. Par contre les thons mineurs sont totalement écoulés sur le marché local (8); ils sont de ce fait la principale source d'approvisionnement de la population.

Ces thonidés mineurs, objet de la présente étude, appartiennent à la famille des Scombridae qui comporte quinze genres et 49 espèces. Mais, seulement six espèces regroupées au sein de six genres sont effectivement présentes dans le Golfe de Guinée (5). Les travaux scientifiques sur les thonidés mineurs dans le Golfe de Guinée et précisément dans la ZEE ivoirienne sont encore insuffisants. Ceux existant ont été effectués par Amon Kothias *et al.* (1) et par Diouf *et al.* (4) sur les migrations d'une part et sur la pêcherie de deux espèces (*Auxis thazard*,

¹Laboratoire de biologie et de cytologie animales, (Unité de formation et de recherches en sciences de la nature), Université d'Abobo Adjame, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Correspondance à adresser à Diaha N'Guessan Constance: 09 BP 2194, Abidjan 09, Côte d'Ivoire. Email: diahaconstance@yahoo.fr

Reçu le 04.11.08 et accepté pour publication le 05.06.09.

Euthynnus alletteratus) d'autre part. Ainsi, pour assurer une exploitation rentable et durable du stock, il a été élaboré en Côte d'Ivoire un programme de recherche axé sur l'évaluation de la biomasse et l'analyse des débarquements. Dans ce document, seront présentés les résultats de ce programme de recherche relatif à la pêche de deux types de pêches (chaluts doubles et pirogues).

Matériels et méthodes

Les différentes espèces de thonidés mineurs ayant servi à cette étude ont été pêchées par les chaluts doubles (bateau de longueur moyenne: 27 m, de largeur moyenne: 5 m et de puissance: 888 CV) et les pirogues (longueur moyenne: 17 m; largeur moyenne: 1,5 m et puissance 75 CV). Les engins utilisés par ces types de pêche, ont été respectivement, les chaluts pélagiques (filet de maillage 20 à 40 m, de longueur: 200 m et de hauteur 50 m) et les filets maillants dérivants (filet de maillage 35 à 50 mm, de longueur 200 m et de hauteur 26 m).

Stratégie d'échantillonnage et de pêche

Des échantillons ont été prélevés au hasard lors des débarquements des différents types de pêches au port d'Abidjan. La longueur à la fourche (LF) est mesurée au centimètre près à l'aide d'un ichthyomètre, de l'extrémité du museau au centre de l'échancrure de la nageoire caudale, selon les normes de la commission internationale pour la conservation des thonidés de l'atlantique (ICCAT). La balance de 20 kg de type LINAH a servi à prendre le poids à 0,1 g près. Des informations concernant, le lieu de pêche, le nom de l'équipe de pêche, le nombre de filet, l'heure de départ et de retour ont été recueillies. Les débarquements

des chaluts doubles se sont effectués par panier de 40 kg avant d'être placés par espèce dans des caisses de 120 kg; alors que celui des pirogues s'est opéré par seau de quatre à sept individus selon la taille, soit environ 10 kg de poisson par seau. La quantité totale a donc été notée en nombre de caisse ou de seau, convertie ensuite en kg.

Méthodologie d'étude

L'effort de pêche des chaluts doubles a été exprimé en nombre de jour passé en mer et celui des pirogues par le nombre de pirogues sorties par jour de pêche. Les données de captures en poids et en effectif ont été structurées par mois et par type de pêche. En tenant compte des quatre saisons; deux froides (janvier-février et juillet-octobre) et deux chaudes (mars-juin et novembre-décembre) identifiées par Pezennec O. et Bard F.X. (13), les captures ont été également agencées par saison. La cpue a été ensuite calculée en poids et en effectif. La cpue pondérale est exprimée en kg par jour en mer ou par nombre de pirogues sorties tandis que la cpue nominale est exprimée en effectif par jour en mer ou par nombre de pirogues sorties. Le logiciel de statistique R version 2.0.1. (2004-11-15) et notamment le test t a été utilisé pour analyser ces indices d'abondances, en particulier la cpue nominale. Les différentes espèces de thonidés mineurs ont été reconnues grâce aux clés d'identifications (5, 14).

Résultats

Une quantité annuelle de 168.833,3 t a été débarquée au port d'Abidjan. Les captures ont été réalisées dans la ZEE et six espèces de thonidés mineurs ont été recensées, *Sarda sarda* (Bloch, 1793), *Auxis thazard*

Tableau 1
Quantités mensuelles de thons mineurs débarquée par les chaluts doubles et les pirogues dans la Zone Economique Exclusive ivoirienne (ZEE) en 2006

Mois	Quantité totale en tonne: cas des chaluts doubles	Quantité totale en tonne: cas des pirogues
Janvier	56,7	24.743,4
Février	31,0	2.124,1
Mars	50,4	181,0
Avril	8	628,7
Mai	6,4	487,1
Juin	2,7	5.278,8
Juillet	4,1	26.114,8
Août	3,8	49.747,2
Septembre	8	29.158,8
Octobre	20	8.550
Novembre	21,5	11.290
Décembre	27	10.290
Total par engins	239,5	168.593,8
Quantité annuelle	168.833,3	

(Lacépède, 1803), *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), *Scomberomorus tritor* (Cuvier, 1831), *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1780) et *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1831).

Captures globales

Une quantité annuelle de 239,5 t de thonidés mineurs a été débarquée par les chaluts doubles contre 168.593,8 t pour les pirogues (Tableau 1). Dans l'ensemble, les prises chalutières sont globalement restées élevées durant la petite saison froide et les deux saisons chaudes avec un record en janvier 56,7 t et faible le mois d'août 2,7 t (grande saison froide). Les quantités débarquées par les pirogues sont également restées élevées, mais le plus fort tonnage a été enregistré le mois d'août 49.747,2 t (grande saison froide) au moment où celui des chaluts doubles est au minimum 3,8 t. Durant le troisième trimestre (grande saison froide), les prises de cette unité de pêche ont distinctement été dominantes. Les captures totales des pirogues ont été significativement supérieures ($P < 0,05$) à celles des chaluts doubles avec des périodes d'abondances nettement opposées.

Composition spécifique et taille moyenne

Les six espèces de thonidés mineurs ont été effectivement identifiées dans les débarquements des chaluts doubles; contrairement aux pirogues ou deux d'entre elles étaient totalement absentes (*Scomberomorus tritor* et *Scomber japonicus*). Les captures annuelles par espèces (Tableau 2), ont

montré l'abondance de l'espèce *Scomberomorus tritor* dans les débarquements des chaluts doubles, avec 3/4 des captures. Sa quantité (79%) a été significativement supérieure ($P < 0,05$) à celle des autres espèces confondues (21%). Au niveau des pirogues, ce sont *Euthynnus alletteratus* et *Auxis thazard* qui ont été majoritairement capturées. Leurs quantités respectives 40% et de 58% des captures totales, ont été significativement supérieures ($p < 0,05$) aux autres. Des variations mensuelles au sein de chaque espèce ont été identifiées. Mais, il en ressort, que toutes les espèces débarquées par les chaluts doubles et les pirogues ont atteint leurs paroxysmes le troisième trimestre (grande saison froide) de l'année à l'exception de *Scomberomorus tritor* où le pic est atteint le premier trimestre (petite saison froide et début grande saison chaude).

La taille moyenne des espèces *Auxis thazard* (34 ± 3 cm), *Euthynnus alletteratus* ($33 \pm 1,4$ cm) et *Sarda sarda* (39 ± 1 cm) capturés par les chaluts doubles, a été nettement inférieure à celle des individus issus des prises des pirogues: *Auxis thazard* ($40,4 \pm 1$ cm), *Euthynnus alletteratus* ($46,2 \pm 1,2$ cm) et *Sarda sarda* ($47,2 \pm 3,5$ cm). Chez l'espèce *Acanthocybium solandri*, c'est le phénomène inverse qui est observé; la taille des individus provenant des prises des chaluts doubles ($116,1 \pm 7,6$ cm) a été supérieure à celle issues des pirogues ($95,7 \pm 6,9$ cm). Au niveau des deux autres espèces (*Scomberomorus tritor* et *Scomber japonicus*) uniquement présentes dans les captures des chaluts doubles, cette taille moyenne a été de

Tableau 2
Composition spécifique en nombre des thonidés mineurs capturés dans la Zone Economique Exclusive ivoirienne (ZEE) en 2006

Saisons marines	Effectif mensuel de thonidés	<i>S. tritor</i>		<i>A. thazard</i>		<i>E. alletteratus</i>		<i>S. sarda</i>		<i>A. solandri</i>		<i>S. japonicus</i>	
		Ch	Pir	Ch	Pir	Ch	Pir	Ch	Pir	Ch	Pir	Ch	Pir
Petite saison froide	J	4074	0	0	8	459	222	72	11	6	9	0	0
	F	3960	0	8	10	520	94	404	10	112	7	316	0
Grande saison chaude	M	2685	0	0	17	54	22	3	0	21	8	0	0
	A	2394	0	243	32	579	23	45	0	0	7	0	0
	M	5298	0	0	13	828	91	273	0	48	15	0	0
	J	2544	0	0	152	303	265	135	0	0	17	0	0
Grande saison froide	J	3546	0	0	584	960	381	1164	34	78	4	888	0
	A	3150	0	300	2167	327	1869	312	0	84	34	741	0
	S	2769	0	0	2031	159	1777	489	424	0	18	174	0
	O	3198	0	0	1416	447	1183	27	0	12	0	42	0
Petite saison chaude	N	3678	0	0	655	132	830	0	0	3	0	0	0
	D	4044	0	0	551	183	778	6	0	0	0	0	0
Effectif annuel		41340	0	551	7636	4951	7535	2930	479	364	119	2161	0

Ch: chaluts doubles; Pir: pirogues; JFMAMJJASOND: mois de l'année.

Tableau 3
Taille moyenne (cm) par saisons des thons mineurs pêchés dans la Zone Economique Exclusive ivoirienne (ZEE) en 2006 par les chaluts doubles et les pirogues

Espèces de thonidés mineurs		Petite saison froide	Grande saison chaude	Grande saison froide	Petite saison chaude	Taille moyenne annuelle (cm)
<i>S. tritor</i>	Ch	47,5 ± 1,5	46,2 ± 2,7	37,5 ± 1,75	46 ± 2	43,5 ± 1,6
	Pir	abs	abs	abs	abs	abs
<i>A. thazard</i>	Ch	30 ± 0	40 ± 0	32 ± 0	bsa	34 ± 3
	Pir	41 ± 1	43,2 ± 1,5	39 ± 1,08	37 ± 3	40,4 ± 1
<i>E. alletteratus</i>	Ch	33 ± 2	35,2 ± 3,8	30,7 ± 0,5	33 ± 3	33 ± 1,4
	Pir	45 ± 1	49,7 ± 1,2	45 ± 2,7	43 ± 1	46,2 ± 1,2
<i>S. sarda</i>	Ch	35 ± 2	39,7 ± 2,3	40 ± 0,4	39 ± 0	38,9 ± 1
	Pir	51,5 ± 3,5	abs	43 ± 5	abs	47,2 ± 3,5
<i>A. solandri</i>	Ch	131 ± 15	124,5 ± 4,7	112 ± 8	82 ± 0	116,1 ± 7,6
	Pir	112 ± 9	95,2 ± 13,1	90 ± 4,7	82 ± 3,1	95,7 ± 6,9
<i>S. japonicus</i>	Ch	23 ± 0	abs	27,5 ± 2,1	abs	26,6 ± 1,8
	Pir	abs	abs	abs	abs	abs

Ch: chaluts doubles; Pir: pirogues; abs: absent

43,5 ± 1,6 cm et 26,6 ± 1,8 cm respectivement. Durant toutes ces saisons, les tailles moyennes de *Auxis thazard*, *Sarda sarda* et *Euthynnus alletteratus* issus des pirogues ont été significativement supérieures ($p < 0,05$) à celles des chaluts doubles. *Acanthocybium solandri* a eu une distribution contraire aux autres. Dans les deux types d'unités de pêches, les grandes tailles de *Scomberomorus tritor* et *Acanthocybium solandri* se sont rencontrées pendant la petite saison froide, ensuite celle de *Auxis thazard* et *Euthynnus alletteratus* pendant la grande saison chaude et enfin

celle de *Sarda sarda* et *Scomber japonicus* pendant la grande saison froide (Tableau 3).

Capture par unité d'effort (cpue)

Les cpue (pondérale et nominale) (Figure 1) des chaluts doubles ont eu une variation onduleuse contrairement à celles des pirogues où un seul pic a été identifié. La cpue pondérale des chaluts doubles a présenté quatre pics, un majeur en mai, suivi de trois autres mineurs en février, juillet et novembre. A l'inverse des chaluts doubles, la cpue pondérale des pirogues n'a présenté

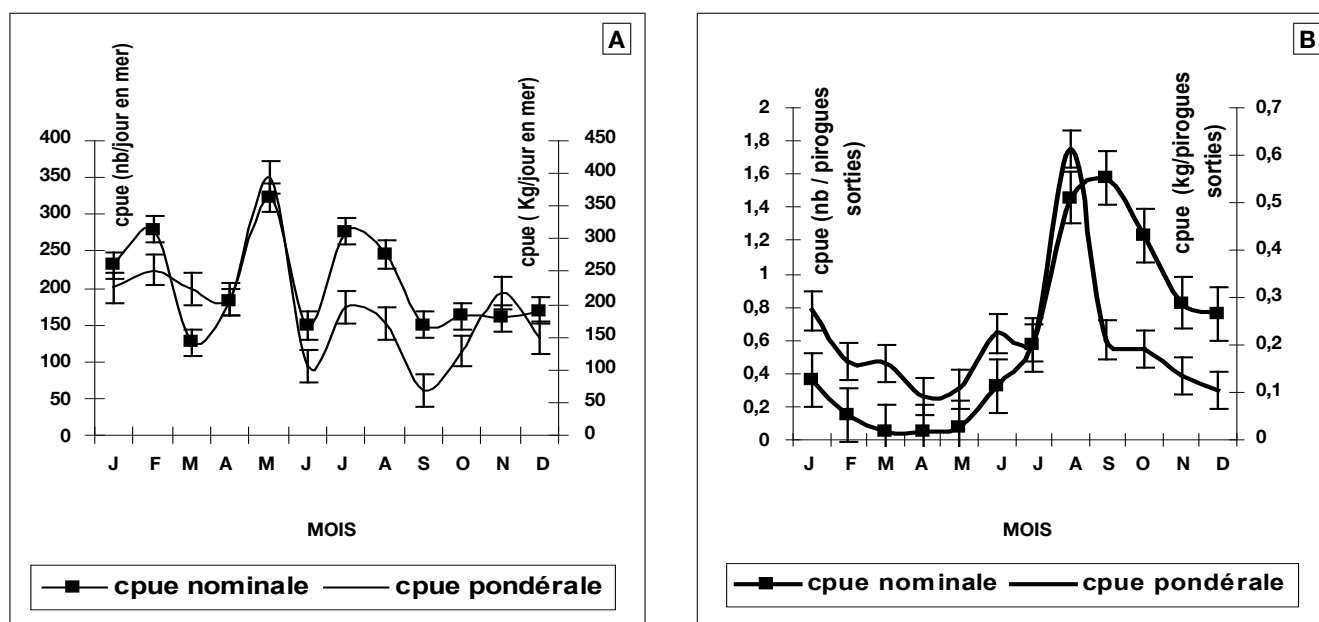


Figure 1: Evolution mensuelle de la capture par unité d'effort (cpue) nominale et pondérale des chaluts doubles (A) et des pirogues (B) dans la Zone Economique Exclusive ivoirienne (ZEE) en 2006. (nb): nombre de poisson; (cpue): capture par unité d'effort.

qu'un seul maximum qui a eu lieu au mois d'août. Cette cpue qui avoisinait les 0,3 kg/pirogues en janvier, a baissé jusqu'à la valeur de 0,04 kg, avant de subir une hausse importante pour atteindre le maximum de 0,6 kg/pirogues. Au niveau des chaluts doubles la cpue nominale a eu une allure similaire à la cpue pondérale. La différence entre les deux n'est pas significative ($P > 0,05$). Au niveau des pirogues également, l'allure des deux cpue a été semblable, mais la différence entre elles est significative ($P < 0,05$). La cpue nominale a eu la même variation que la cpue pondérale, mais le pic a été observé au mois de septembre. Compte tenu de l'évolution analogue des courbes et de la présence de plusieurs espèces de morphologies différentes dans l'échantillonnage, c'est la cpue nominale qui sera considérée dans la suite du travail.

La figure 2 illustrant le rendement (la cpue nominale) par saison a mis en exergue une exploitation massive pendant la grande saison froide quel que soit l'engin de pêche utilisé. En effet, la cpue nominale des chaluts doubles a régulièrement augmenté jusqu'à atteindre une valeur maximale de 83,4 poissons capturés par jour de mer pendant la grande saison froide. Le cpue nominale des pirogues a d'abord connu une baisse pendant la grande saison chaude avant de subir une hausse rapide jusqu'à atteindre le maximum de 1,2 poissons/pirogues, pendant la grande saison froide également.

Le rendement par espèce calculée et illustrée par la figure 3 a montré des variations selon les saisons. Ainsi est demeuré quasiment constant toutes les saisons, le rendement de *Scomberomorus tritor*, pendant que celui *Scomber japonicus* a été élevé uniquement pendant les saisons froides et nul en saisons chaudes. Les autres espèces représentées dans les captures des 2 types de pêches, ont eu leur rendement prépondérant durant la saison froide. Les espèces *Euthynnus alletteratus* et *Auxis thazard* spécialement se sont rencontrées toute l'année dans les deux cas, contrairement à l'espèce *Sarda sarda*, très saisonnière.

Discussion

L'écart entre les prises globales des deux types de pêche peut avoir plusieurs explications. D'abord, les filets maillants dérivants utilisés par les pirogues et adaptés à la pêche des thonidés (11), ont un rendement nettement meilleur (12) avec une gamme de taille plus large. Cette hétérogénéité dans les prises est en fait indispensable au renouvellement des stocks car, les matures pourront se reproduire et assurer de ce fait la pérennité de l'espèce. Quant aux immatures, ils assureront le renouvellement du stock de reproducteur.

Ensuite, les chaluts pélagiques utilisés permettent une

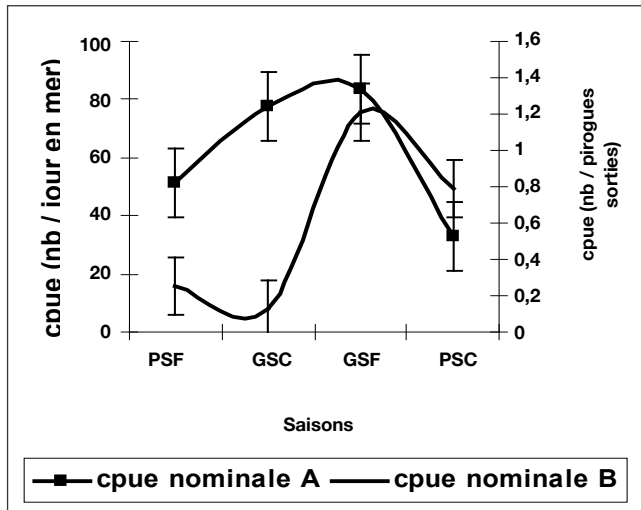


Figure 2: Variation de la capture par unité d'effort (cpue) nominale des thonidés mineurs par saison dans la Zone Economique Exclusive ivoirienne (ZEE) en 2006: cas des chaluts doubles (A) et des pirogues (B). (nb): nombre de poisson; (PSF): Petite Saison Froide; (GSC): Grande Saison Chaude; (GSF): Grande Saison Froide; (PSC) Petite Saison Chaude.

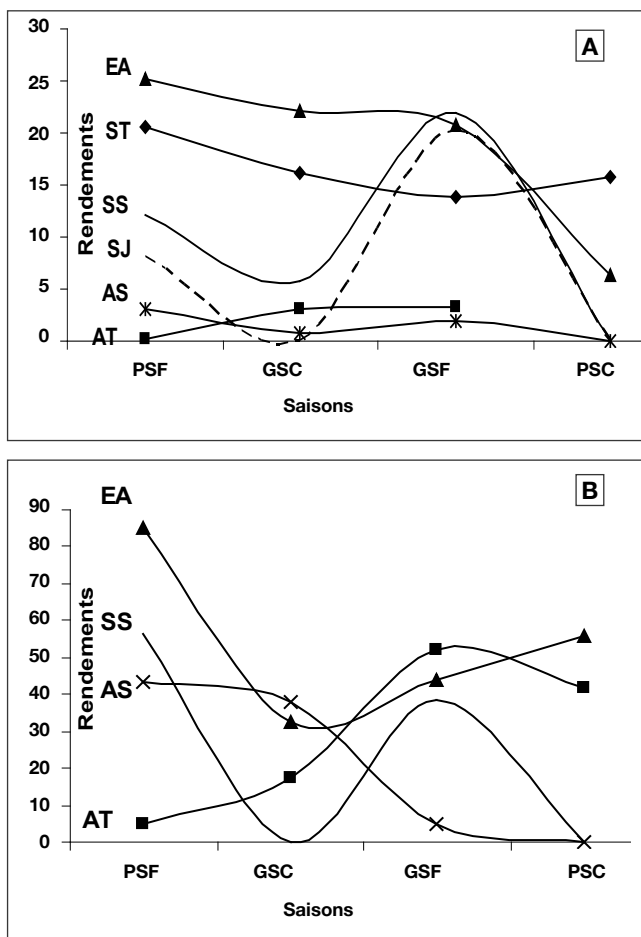


Figure 3: Evolution par espèce au rendement (cpue) en fonction des saisons: chaluts doubles (A) et pirogues (B) dans la ZEE Ivoirienne (*Scomberomorus tritor*), AT (*Auxis thazard*), EA (*Euthynnus alletteratus*), SS (*Sarda sarda*), AS (*Acanthocybium solandri*), SJ (*Scomber japonicus*). (PSF): Petite Saison Froide; (GSC): Grande C; (GSF): Grande Saison Froide; (PSC) Petite Saison Chaude.

pêche plurispécifique (6) et les thonidés mineurs ne représentent d'une infime partie de la prise globale. L'action de ces chaluts pélagiques serait pratiquement néfaste sur le stock de thonidés mineurs, contrairement aux filets maillants dérivants, à cause de la petite taille des individus débarqués. Enfin, le nombre de chaluts doubles en activité est nettement inférieur à celui des pirogues.

Par ailleurs, l'absence de *Scomberomorus tritor* et *Scomber japonicus* dans les captures des pirogues, serait due à la distribution préférentielle de ces espèces dans la ZEE ivoirienne. En effet, selon N'goran *et al.* (12) l'activité des pirogues utilisant les filets maillants se limiterait au plateau continental à proximité d'Abidjan à cause de la faible puissance de leurs moteurs. C'est donc un espace de pêche réduit et plus côtier par rapport aux chaluts doubles qui préfèrent le large. Ces deux espèces auraient probablement une préférence pour le large.

La capture par unité d'effort (cpue) est fréquemment utilisée comme indice d'abondance et sert notamment à la calibration des analyses de cohortes. Cependant, au niveau des thonidés mineurs, il est difficile de surveiller cette abondance car selon Beddington et Rettig (2), les méthodes utilisées sont inappropriées et extrêmement variables, ce qui rend délicat les études. Néanmoins, les variations de cpue observées seraient dues à une diminution du nombre de pirogue en activité pendant la saison chaude. En effet, nombreux sont les pêcheurs qui n'exercent qu'en saison froide à cause de la présence simultanée de plusieurs espèces de thonidés. Ils préféreraient migrer vers d'autres lieux de pêche plus rentables, en saison chaude.

La cpue calculée à partir d'une espèce considérée semble plus pertinente. Ainsi, de l'analyse de la composition des débarquements de chaque marée, il est possible de déterminer les espèces cibles (3). Selon Biseau (3), si le rendement global et le rendement d'une espèce ont des allures similaires, cela signifierait que la pêche est focalisée sur cette espèce en question. Mais, dans cette étude, ce n'est pas le cas; on pourrait alors conclure que la pêche n'est ciblée à une espèce donnée, mais elle concernerait l'ensemble des espèces de thonidés mineurs. Enfin, l'examen des variations saisonnières de la température de surface et des captures de thonidés mineurs a permis de mettre en évidence une relation entre la température et la disponibilité des poissons. L'upwelling (juillet-octobre) serait favorable à la pêche de *Scomber japonicus*, *Sarda sarda*, *Acanthocybium*

solandri, *Euthynnus alletteratus* et *Auxis thazard*, par contre il ne le serait pas pour *Scomberomorus tritor*. Ces trois dernières espèces (*Acanthocybium solandri*, *Euthynnus alletteratus* et *Auxis thazard*) citées sont néanmoins disponibles en contre saison mais en petites quantités. Des résultats similaires ont été signalés dans la région du Sénégal, de la Mauritanie, de l'Angola et de la Tunisie, pour *Euthynnus alletteratus* et *Auxis thazard* et uniquement dans la région de la Mauritanie pour *Scomber japonicus* et *Scomberomorus tritor* (1, 7, 9). Cette présence massive des thonidés pendant l'upwelling serait en relation avec la disponibilité alimentaire. En effet, l'upwelling est une remontée d'eau froide qui apporte dans la couche euphotique des éléments minéraux originaires des couches sub-superficielles. Cet apport d'éléments nutritifs dans la couche homogène permet de développer et de maintenir une forte production biologique dans la zone côtière. Cette production primaire qui constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire, induirait le développement de sardinelles (13). Ces clupéidés constitueraient une part importante de la ration alimentaire des thonidés (5, 8). La présence permanente de ces thonidés mineurs, et en particulier la présence des grandes tailles durant la saison chaude serait due à la période de reproduction qui n'est pas forcément celle d'abondance (4).

Conclusion

Les thonidés mineurs dans la ZEE ivoirienne sont principalement capturés par les pirogues et les chaluts doubles. Cependant ces chaluts pélagiques, dont les prises représentent une petite partie de la quantité totale débarquée, emploient des engins de pêche qui capturent des individus immatures; de ce fait, ils exerceraient une action néfaste sur le stock en général, et sur l'espèce dominante *Scomberomorus tritor* en particulier. Par contre, ce n'est pas le cas pour les pirogues où les filets maillants sont plus adaptés aux différentes espèces. Bien que la pêche soit plurispécifique, les chaluts doubles gagneraient à utiliser des filets de plus grandes mailles pour éviter la destruction de la faune aquatique.

Les saisons froides d'upwelling sont très favorables à la pêche de toutes les espèces de thonidés mineurs, à l'exception de *Scomberomorus tritor* dont l'abondance se situe en saison chaude. Ces saisons froides caractérisées par les remontées d'eaux froides sont aussi les périodes de rendements élevés pour les pirogues.

Références bibliographiques

1. Amon Kothias J.B & Bard F.X., 1993, Les ressources thonières de la Côte d'Ivoire 323-352 in: LeLoeuff P. Marchal E. et Amon Kothias Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, tome I- Le milieu marin. ORSTOM, 585 p.
2. Beddington J.R. & Rettig R.B., 1984, Méthodes de régulation de l'effort de pêche. FAO Doc. Tech. Pêches, 243, 45 p.
3. Biseau A., 2005, Définition d'un effort de pêche dirigé dans une pêcherie pluri-spécifique, et son impact sur l'évaluation des stocks. Aquatic living

- resources 1998/05, **11**, 3, 119-36.
4. Diouf T. & Amon Kothias J.B., 1988, Présentation systématique et distribution géographique des espèces 3-10, *in*: Fonteneau A. et Marcille J., Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'atlantique centre est. FAO. Doc. tech. pêche, 391 p.
 5. Fisher W., Bianchi G. & Scott W.B. (eds), 1981, Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre est; zone de pêche 34-47 (en partie). Canada Fonds de dépôt. Ottawa, Ministère des pêcheries et océans canada, en accord avec l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Vol. **3**: pag.var.
 6. Girard M., Lorange P. & Biseau A., 2000, Captures par unité d'effort des espèces profondes du talus continental à l'ouest des îles britanniques, *Cybium*, **24**,3 suppl: 97-104.
 7. Hattour A., 2000, Contribution à l'étude des poissons pélagiques des eaux tunisiennes. Thèse de doctorat, Université de Tunis II, Faculté des sciences de Tunis, 9-58, 247-321: 309.
 8. ICCAT., 2005, Rapport de la période biennale 2004-2005. I^{ère} partie (2004), Vol **3**. 51-53)167 p.
 9. Josse E. & Garcia S., 1985, Description et évaluation des ressources halieutiques de la ZEE Mauritanienne. Rapport du groupe de travail CNROP/FAO/ORSTOMD du 16-27 septembre COPACE/PACE séries 86/37, Mauritanie. Archives de documents de la FAO. 1-31
 10. N'da K., Dongo K.K. & N'goran Y.N., 2006, Pêche artisanale maritime et commercialisation du mérrou blanc (*Epinephelus aeneus* Geoffroy Saint Hilaire, 1817) en Côte d'Ivoire. Tropicultura, **24**, 2, 107-110.
 11. N'goran Y.N., 1998, Statistiques de pêche en lagune Aby (Côte d'Ivoire): évolution de l'effort et de captures de 1979 à 1990. Jour. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan. N°1, Vol. **3**, 25-37.
 12. N'goran Y.N., Amon Kothias J.B. & Bard F.X., 2001, Captures d'Istiophoridés (voilier *Istiophorus albicans*, Marlin bleu *Makaira nigricans*, Marlin blanc *Tetrapturus albicans*) et effort de pêche des filets maillants dérivants opérant en Côte d'Ivoire. Recueil de documents scientifiques ICCAT, Vol. **L III**. 53, 272-280.
 13. Pezennec O. & Bard F.X., 1992, Importance écologique de la petite saison d'upwelling Ivoirio-Ghanéenne et changements dans la pêcherie de *Sardinella aurita*. Aquat. Living Resour. **5**, 249-259.
 14. Schneider W., 1992, Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide de terrain des ressources marines commerciales du Golfe de Guinée; Rome, FAO, RAFR/FI/90/2 (F). 268 p.

Constance Diaha N'Guessan, Ivoirienne, Doctorante, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Nature (UFR-SN), Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale.

K. N'DA., Ivoirien, Maître de conférences, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Nature (UFR-SN), Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale.

K.D. Kouassi, Ivoirien, Doctorant, Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Nature (UFR-SN), Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE ADRESVERANDERING

CHANGING OF ADDRESS CAMBIO DE DIRECCION

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

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

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

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

Plant Secondary Metabolites in some Medicinal Plants of Mongolia Used for Enhancing Animal Health and Production

H.P.S. Makkar^{1*}, T. Norvsambuu², S. Lkhagvatseren³ & K. Becker¹

Keywords: Medicinal plants- Herbs- Plant secondary metabolites- Phytochemicals- Phytotherapy- Mongolia

Summary

*The levels and activities of a number of plant secondary metabolites (PSMs) are known to increase in response to increase in stress. The Mongolian plants considered to possess medicinal properties may contain novel compounds since they are exposed to severe conditions; such plants could become good candidates for modern drug discovery programmes. Information on distribution, palatability to livestock and opinion of local people on their nutritive and medicinal values was compiled for 15 plant materials from 14 plant species considered important for medicinal purposes. These plants were evaluated for nutritive value and PSMs: tannins, saponins, lectins, alkaloids and cyanogens. High levels of tannins were found in roots of *Bergenia crassifolia* and in leaves of *B. crassifolia*, *Vaccinium vitisidaea* and *Rheum undulatum*. High lectin activity (haemagglutination) was present in *B. crassifolia* roots, and leaves of *R. undulatum*, *Iris lacteal* and *Thymus gobicus* contained weak lectin activity. *Tanacetum vulgare*, *Serratula centauroids*, *Taraxacum officinale* and *Delphinium elatum* leaves contained saponin activity (haemolysis). Alkaloids and cyanogens were not present in any of the samples. The paper discusses the known medicinal uses of these plants in light of the PSMs levels, and identifies plant samples for future applications in human and livestock health, welfare and safety.*

Résumé

Métabolites secondaires végétaux de quelques plantes médicinales de la Mongolie utilisées pour améliorer la santé et la production animale

*Les niveaux et activités d'un certain nombre de métabolites secondaires végétaux (plant secondary metabolites, PSMs) sont connus pour augmenter à la suite de stress croissant. Les plantes mongoles, censées avoir des propriétés médicinales, pourraient contenir de nouveaux composés puisqu'elles sont exposées aux conditions environnementales rudes. De telles plantes seraient de bons candidats pour des programmes modernes de découverte de drogue. Des informations sur la distribution, la sapidité pour le bétail et l'opinion de la population locale concernant les valeurs nutritives et médicinales ont été rassemblées pour 15 matières végétales provenant de 14 espèces de plantes considérées importantes dans des applications médicinales. Ces plantes ont été évaluées concernant leur valeur nutritive et les PSMs: tannins, saponines, lectines, alcaloïdes et cyanogènes. Des niveaux élevés en tannins ont été trouvés dans les racines de *Bergenia crassifolia* ainsi que dans les feuilles de *B. crassifolia*, *Vaccinium vitisidaea* et *Rheum undulatum*. Une activité élevée de lectin (hémmagglutination) était présente dans des racines de *B. crassifolia*, tandis que des feuilles de *R. undulatum*, *Iris lacteal* et *Thymus gobicus* démontraient une faible activité de lectin. Les feuilles de *Tanacetum vulgare*, *Serratula centauroids*, *Taraxacum officinale* et *Delphinium elatum* démontraient une activité de saponines (hémmolyse). Des alcaloïdes et cyanogènes n'étaient pas présents dans ces échantillons. Cette publication discute des applications médicinales connues de ces plantes devant de niveaux PSMs, et identifie des échantillons de plante pour de futures applications au service de la santé des êtres humains et du bétail, leur bien-être et sécurité.*

Introduction

The use of various herbs and medicinal plants has a long history. They have been used since ancient times, especially in oriental countries. However, the advent

of antibiotics in early 20th century led to decline in their usage and waned interest in providing scientific bases to their effects. The adverse effects of using

¹Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480b), University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany.

²Mongolian State University of Agricultural, Mongolia.

³Veterinary Research Institute, Mongolia.

*Corresponding author: H.P.S. Makkar: e-mail: makkar@uni-hohenheim.de, Tel: +4971145923640, Fax: +4971145923702

Received on 28.01.09 and accepted for publication on 08.06.09.

antibiotics and other synthetic compounds on human and animal health and on product quality and safety have regenerated interest in the fields of 'phyto-chemistry, phyto-pharmacology, phyto-medicine and phyto-therapy' during the last decade. The ban on the use of antibiotics and other chemicals in livestock feeds since 2006 by the EU, because of the risk to humans of chemical residues in food and of antibiotic resistance being passed on to human pathogens, has further provided momentum to the research efforts on exploiting plants, plant extracts or natural plant compounds as potential natural alternatives for enhancing livestock productivity. The plant kingdom might provide a useful source of new medicines, pharmaceutical entities and bioactive compounds that may be used for not only treating human diseases but also for enhancing animal production and health; and food safety and quality, whilst conserving environment (13).

Plants have long been and continue to be the basis of many traditional medicines worldwide. Asian traditional medicinal systems such as traditional Chinese medicine (TCM), Korean Chinese medicine, Japanese Chinese medicine (kampo), Ayurveda from India, Jamu from Indonesia are well known. Mongolian traditional medicine, not much known to the world, is an amalgam of traditional Tibetan medicine, Ayurveda and Chinese medicine. Integrative medicine – the combination of traditional medicine with conventional or Western medicine could provide novel medicines for treatment of both animals and human disease. Bioactive compounds from plants could also be used as feed additives for enhancing livestock productivity and reducing environment pollutants such as methane in the exhaled gas and nitrogen and phosphorus in urine (13). The bioactivities in the plants are generally ascribed to the presence of plant secondary metabolites (PSMs) which could have beneficial or adverse effects (13, 17). In recent times, there has been change in the perception and several studies have been conducted on exploiting the beneficial effects of these phytochemicals.

To form the basis for rational exploitation of medicinal plants of Mongolia, we characterised some of the medicinal plants for PSMs and chemical composition, and the data are presented and discussed in this paper.

Material and methods

The samples were sun dried and brought to Germany for analyses. For analysis of crude protein and fibre fractions, the samples were ground to pass through 1 mm sieves; for the analysis of PSMs the samples were ground to fine powder using a ball mill (Retsch MM200, Haan, Germany). Crude protein (Kjeldahl method; N x 6.25) and ether extract were determined using AOAC (1). Neutral and acid detergent fibre analyses were conducted according to Van Soest's fiber analysis (18). Sodium sulphite and α -amylase were not used for the determination of fibre.

Extractable total phenols, total tannins and condensed tannins were determined in aqueous acetone (70:30, acetone:distilled water) extracts as described by Makkar (11). Total phenols were determined with Folin-Ciocalteu reagent using tannic acid as a standard. Total tannins were measured as the difference between total phenols before and after tannin removal by adsorption on insoluble polyvinylpyrrolidone (Sigma, Darmstadt, Germany). Both total phenols and total tannins were expressed as tannic acid equivalent. Condensed tannins (CT) were measured using the butanol-HCl-iron reagent (14) and expressed as leucocyanidin equivalent. The biological activity of tannins was determined in a bioassay developed in our laboratory. In this bioassay, samples are incubated with and without polyethylene glycol, PEG (MW 4000 or 6000) in syringes containing buffered rumen liquor. The polyethylene glycol binds to tannins making them inert, which leads to higher gas production; the higher the increase in gas production, the higher the biological activity of tannins (14).

Analysis of the lectin content was conducted by haemagglutination assay in round-bottomed wells of microtitre plates using 1% (v/v) trypsinised cattle blood erythrocytes suspension in saline phosphate buffer, pH 7.0 (12). The haemagglutination activity was expressed as the minimum amount of the material (in mg per ml of the assay medium) which produced agglutination. The minimum amount was the material per ml of the assay medium in the highest dilution that was positive for agglutination.

Saponin activity was determined as haemolytic activity. The sample was extracted in phosphate buffer saline (PBS). An aliquot (50 μ l) of the PBS extract was diluted two-fold with PBS in separate wells of a microtiter plate and was mixed with 50 μ l of 3% red blood cell suspension (from cattle blood) in each well and incubated at room temperature for 2 h. A clear concentric circle around the red blood cells indicated a non-haemolytic well, and the spread of red colour in the well and absence of a clear zone around red blood cells showed haemolysis. The haemolytic activity was expressed as the inverse of the minimum amount of saponin extract per ml of the assay medium in the highest dilution that started producing haemolysis (14).

The presence of alkaloids was assessed by extracting the finely ground materials in chloroform and application on thin layer chromatography (TLC) plates (Silica gel G). Dragendorff reagent was used for detection of alkaloids (6).

The determination of cyanogens was based on evolution of hydrocyanic acid from the sample and reduction of sodium picrate on a filter paper to a red-coloured compound, in proportion to its amount evolved and measurement of absorption at 510 nm using a spectrophotometer (5).

Results and discussion

Plants are good sources for the discovery of pharmaceutical compounds and medicines. Natural products could be potential drugs for humans or livestock species, and also these products and their analogues can act as intermediates for synthesis of useful drugs. Bioassay directed isolation and synthesis of analogues have long been appreciated as the effective approach for development of new plant derived compounds.

Levels of secondary metabolites are both environmentally induced as well as genetically controlled. The secondary metabolites are also called as plant defensive compounds since these have been evolved to deter pathogens or herbivores such as insects and mammals. The plants growing on low nutrient soil or in harsh conditions are often more dependent on evolved chemical defences. The Mongolian plants grow under harsh conditions of extremely low and high temperatures and thus could contain PSMs with a wide range of interesting activities.

The common names of plants, their distribution in Mongolia and reported medicinal uses are listed in table 1. This table also contains information on farmers' opinion on the palatability of the leaves by livestock and on their nutritional value. The leaves in particular of *Artemisia frigida* and *Taraxacum officinale* are highly palatable by animals. The leaves studies are found in different regions of Mongolia and are considered to possess wide medicinal values, ranging from antimicrobial and anthelmintics to kidney- and liver-stimulating effects (Table 1).

The crude protein (CP) content of the leaves varied from 6.3 to 24.5%. The CP content was lowest (3.3%) in root sample of *Bergenia crassifolia* (Table 2). The leaves of *A. frigida* and *T. officinale* were reported by farmers to have high nutritional value. The CP content of these leaves considered good for livestock had high CP values (15.6 and 24.6% respectively); although mature leaves of *A. frigida* have a lower CP content (9.0%).

Tannins are polyphenolic compounds and have a wide range of effects varying from decreasing availability of proteins and other nutrients including amino acids and minerals to protecting ruminants from bloat, enhancing rumen bypass protein, enhancing meat quality and decreasing helminth infestation. Tannin level and activity was very high in *B. crassifolia* roots and leaves of *B. crassifolia*, *Vaccinium vitisidaea* and *Rheum undulatum*. A moderate tannin activity (33.4% increase in gas on addition of PEG) was present in *Thymus gobicus*. Tannins are also known to have antimicrobial, anthelmintic, antimutagenic, antiinflammatory and antioxidant properties. A

number of tannin-rich tree leaves and browses have been evaluated and found to be effective in reducing faecal egg worm and enhancing livestock productivity (13). Parasitism by gastrointestinal nematodes is one of the major constraints on livestock production, especially when the nutritional status of the animals is poor. Subclinical infections of gastrointestinal nematodes decrease feed intake, body-weight gain, and milk and wool production. In subtropical and tropical areas of the world where the animals are on low quality feeds and have poor nutritional status, mortality and morbidity due to nematode infection are widespread. There is a growing awareness that chemical anthelmintic treatment, on its own, may not provide a long term strategy for managing parasites in grazing animals. The widespread development and prevalence of resistant strains of nematode parasites and public concern over drug residues excreted in animal products have stimulated efforts to identify and use plant-based anthelmintic compounds; tannin-containing plants and tannins could potentially be natural anthelmintics.

Among the above-mentioned four plants identified as containing substantial amounts of tannins, only *T. gobicus* has been used by farmers as an anthelmintic to dispel intestinal worms. The presence of etheric oil compounds such as thymine, eugenol and carvacrol in this plant could also be responsible for its anthelmintic effects. The other three tannin-rich plants *B. crassifolia*, *Vaccinium vitisidaea* and *Rheum undulatum* also hold potential for reducing the intestinal worm load in livestock and increasing their productivity. Studies on evaluation of these plants as anthelmintics are being conducted in our laboratory in Mongolia. Similar use of these plant materials for other properties stated above for tannins also needs investigation. The use of *B. crassifolia* root and leaf extracts as mouth cleaner in Mongolia, their known astringent effect and their use for curing infectious disorders of the gastro-intestinal tract (Table 1) could be attributed to the presence of high tannin levels and activities in this plant. The astringent effect of tannins is a well established phenomenon (11).

In Mongolia, farmers also use *A. frigida*, *Tanacetum vulgare*, *Iris lacteal*, and *Stellera champaejasme* leaves as anthelmintics (Table 1), although tannin levels were low in these leaves. The data on PSMs in this study could not provide answer to the use of these leaves as anthelmintics. This effect could possibly be due to the presence of some other non-tannin bioactive moiety such as bromelain present in pineapple leaves (13). Enhancement of the nutritional status of animals has also been shown to decrease the burden of intestinal worms due to increased immunity (7). *Artemisia frigida* is highly palatable to livestock and has reasonably high

medicinal plants of Mongolia

Plant	Local names	Plant characteristics	Distribution in Mongolia	Palatability to livestock & known nutritional value	Considered medicinal value in Mongolia
<i>Artemisia frigida</i>	Agi	Dense bunch-forming xerophytic semi-shrub, 10–40 cm tall; leaves: bract leaves with white cork edges, lower surface covered with dense hair and upper surface is hairy along margins, leaf stalks short, blade stipple or double palmate; roots: short rhizomes; inflorescence: 2–4 mm wide, semi-circular involucre form; development cycle: begins to grow early in spring or in late March, flowers in August, and seed matures in September.	Khuvsgul, Khentel, Khangai, Mongol-Daurian, Khovd, Mongolian Altai, Middle Khalkha, Depression of Great Lakes, Valley of lakes, East Gobi, Gobi-Altai. Site preference: Gravelly and stony slopes, foot hills, rocky sites in dry river basins, edges of dry river banks, around ponds in mountain steppe, steppe and desert steppe.	Very palatable for sheep, goats, and camels in summer, and very palatable to horses and cattle in winter and spring. Farmers consider it a nutritious plant animals grazing 'Agi' pasture gain weight rapidly. It is collected, dried and mixed with curd grain, whey, salt and other residues from dairy processing to make feed for nursing, sick and exhausted animals. It is a good component for hand-made feed.	Aerial parts of the plant exert positive effects on liver function and on excretion of bile and are diuretic. Leaves have anthelmintic, antifungal, antibacterial, astringent and anti-inflammatory effects, possibly by volatile oils or thujone present in leaves. Leaves used for treatment of wounds.
<i>Tanacetum vulgare</i>	Maral tsetseg	Tall plant 30–150 cm with leafy stem; leaves: pinnate dissected with pinnate lobes. 10–70 head compound complex shell. Flat-topped clusters of small, button-like yellow flowers, and long fringe of soft white hairs found on the seeds.	Khuvsgul, Khentel, Khangai, Mongol-Daurian, Khovd, Mongolian Altai, Great Khingan. Site preference: deciduous and willow forests and its periphery, rocky sites.	Different palatability recorded, depending on places. Not poisonous in the mixture with hay. Although the plant is considered to be toxic if consumed in large quantities, cases of livestock poisoning are rare, though, because it is unpalatable to grazing animals.	The leaves and flowers used as anthelmintics to dispel or destroy intestinal worms, and as an external applicant to kill scabies, fleas and lice. Seed has herbicidal properties. Oil is considered to be toxic.

<i>Iris lactea</i>	K'hos khairst tsakhildag	Mesophytic perennial forb, 20–50 cm tall, grows in dense, large bunches; leaves: numerous leaves, 4–8 mm wide, always longer than flower stalk; inflorescence: tube of perianth much shorter than corolla; blue petals with white outer circle, wider than inner circle; pods 4–8 mm long, shorter than flower and has many folds; development cycle: flowers and seeds mature in May–June.	Khentei, Khangai, Mongol Daurian, Great Khingan, Khovd, Mongolian Altai, Middle Khalkha, East Mongolia, Gobi-Altai, Alashan Gobi. Site preference: Marshy lake shore, riparian areas, edges of springs, and gravelly meadows.	When dried and cured, camels small ruminants, and cattle graze moderately.	Leaves used as antibacterial, anthelmintic agent for livestock, treatment of wounds originated from thermal burn. Root stock, seed and flowers are used in the treatment of pneumonia, bronchitis, chronic gastritis and anthelmintic purposes. In Japanese traditional medicine seeds used for treating swellings and snake bite wounds, and root stock for temperature reduction.
<i>Rheum undulatum</i>	Gishuune, Aigana	Perennial forb 50–100 cm tall; stems: naked, grooved stems, 4 cm diameter; leaves: mostly basal, triangular to oval or broad oval, 10–40 cm long with wavy margins, leaf petioles 10–20 cm long; roots: taproot; inflorescence: compact, divaricated; seeds: 8 mm long, oval-shaped weighing approximately 0.1 g; development cycle: flowers in June–July, and seeds mature in August.	Khentei, Khangai, Mongol Daurian, Great Khingan, Middle Khalkha, East Mongolia, East Gobi. Site preference: forests, gravelly and moist meadows along rivers, ravines, rocky mountain crests, meadow slopes and abandoned land.	Camels graze when green. Sheep and goats moderately graze when dried.	Locals from Gobi and steppe areas make jam from flesh of leaf stalks. Leaves used for treatment of abdominal distension, gastritis, food poisoning and cavity hemorrhage. Root and taproot have soft purgative agents. Flavonoids and anthraquinones of leaves and taproot have anti-inflammatory and irritant laxative effect on the large intestine, causing contractions of the intestinal walls and stimulating bowel movement.
<i>Thymus gobicus</i> Tschern	Gobiin ganga	Semi-shrub with woody base, 2–3 cm tall, prostrate; stem: heavily branched round and evenly hairy; leaves: small, firm circular or oval-shaped narrow, smooth edged, outer surface covered with long hair along ventral margins and leafstalks hairy and red brown; development cycle: flowers in June–July, seeds mature in August and cured litter persists through winter	Khuvsgul, Khentei, Khangai, Middle Khikha, Mongol Daurian, Depression of Great lakes. Site preference: sandy deposits, sandy steppe, gravelly banks, gravelly and stony slopes, hillside areas, rocky sites and scree.	Green plants not grazed by animals. Dried and cured standing matter grazed by sheep and goats, and only occasionally by horses. Camels and cattle do not graze the dried and cured matter.	The aerial part of the plant is used as an antiseptic, a tonic for enhancing immunity, anti-asthmatic to relieve breathing problems, anthelmintic to dispel or destroy intestinal worms.

<i>Serratula centaurooides</i>	Khongorzullig khongorzalaa	Coarse and hairy plant 15–80 cm tall; leaves: double palmate, narrow spear shaped or linear and 15 cm long and 6 cm wide.	Khentei, Khangai, Mongolian Altai. Site preference: sandy, gravelly, and stony slopes in steppe and sandy-steppe.	Not very palatable to animals.	Flowers and seeds of the plant are known to contain glucosinolates, act as skin irritants causing inflammation and blistering, if applied to painful and aching joints, they increase blood flow to the affected area, helping to remove the build-up of waste products. Aerial parts of the plant have purgative properties.
<i>Stellera chamaejasme</i> L-Odoi Dalan tyruu	Teveg zalaa, Deren turuu	Xerophytic perennial forb; 20–40 cm tall; stems: naked straight stems; leaves: alternate, nearly sessile, oblong-ovate, 17–30 mm long, 3–8 mm wide; roots: large, fleshy taproot; inflorescence: dense inflorescence at apex of stem and branches, each inflorescence with 20–25 flowers; corolla bluish pink; development cycle: flowers in June, and seed matures in July–August.	Khentei, Khangai, Mongolian Altai, great Khingan.	Considered to be a poisonous plant, but no reports of livestock poisoning.	The tincture and decoction of leaves have purgative function and used for the treatment of Brady peristalsis and constipation. Plant decoction is also used for treating gingivitis and dental disorder. Tincture and powder of leaves can be used for mechanical injury and thermal burn. Leaves also used as anthelmintic agent.
<i>Taraxacum officinale</i>	Bagvaakhai tsetseg	Perennial forb 8–50 cm tall; leaves: 5–25 cm long, 1–4 cm wide, nearly glabrous, edged, or serrated but not deeply pinnate; husk: 12–14 mm wide, 12–20 mm long, dull green, leaves in outer circle of leaflets spear-shaped to oval and twice as short as narrow leaflets in inner circle; inflorescence: peduncle 8–50 cm long with woolly pubescence under the head; flowers light yellow; achene fruit about 4 mm wide, brown or light-brown with numerous spots on top; development cycle: flowers from May to September, and seeds mature during the same period.	Khuvsgul, Khentei, Mongolian Altai, Depression of Great lakes, Valley of lakes. Site preference: forest and wet meadows, shrub thickets, forest margins and garden edges and roads.	Palatable to cattle and pigs. Considered to be a good feed by farmers.	Leaves used as salad for human consumption, used for decreasing blood sugar and increasing blood clotting, water extract used for diuretic purpose and alcoholic extract as antifungal agent.

<i>Delphinium elatum</i>	Ber tsetseg	Xerophytic-mesophytic perennial forb, 15–70 cm tall; stems: branched near the top; leaves: compound palmate, round, 10 cm long, 15 cm wide, and dissected to the bases; inflorescence: flowers bright blue, large asymmetrical with spur arranged singly along rachis; development cycle: flowers in July–August, and seeds mature in late August and early September.	Khusgul, Khentei, Mongolian, Great Khingan, East Mongolia, Gobi–Altai. Site preference: plains, slopes and foothills of mountains and dry meadows in river valleys.	In summer, small animals graze moderately, while cattle and horses poorly. In other seasons, small animals graze readily with moderate grazing by horses and cattle.	Plant part on the ground has antibacterial effects and reducing blood pressure. It is used for the treatment of periton disorder. Aerial parts of the plant have antibacterial effects and reduce blood pressure. The plant contains powerful alkaloids, for example vincristine used to treat some types of cancer and atropine used for reducing spasms and relieving pain.
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Anis, alirs	Perennial, semi-shrub, 5–30 cm tall with whitish hairy branches; long-lasting orange-red berries amidst glossy, fully evergreen oval shaped leaves; flowers are bell shaped and filament of stamen is hairy.	Khusgul, Khovsgol, Khentei, Mongol-Daurian, Great Khingan and Khangai. Site preference: Shady gravel slopes, forest margins.	Ruminants graze when green. Sheep and goats moderately graze when dried.	Both the leaves and fruit are useful for treating congestion or the common cold or liver kidney and urethral ailments. Berries are a good source of Vitamin C, A, and is rich in antioxidants and are used for raising blood pressure and in diabetics. Mongolians use extracts of the leaves and fruit for treatment of cold and improving immunity in winter season.
<i>Salsola laricifolia</i>	Budargana.	Shrubs small, 40–90 cm tall. Stem branched; older branches black-brown or brown, slightly fissured; branchlets white, glabrous, sometimes papillate; leaves alternate, fascicular on dwarf branches, yellow-green, fleshy.	East and Western Gobi, Gobi-Altai and Alashan Gobi. Site preference: Slopes, dunes, rocky deserts on salty clay soils.	Camels graze when green. Sheep and goats moderately graze when dried. Cattle, sheep, and horses will eat it, if nothing better is available.	Extract of aerial parts of the plant have astringent, anti-inflammatory and purgative effects. Root extract of this plant extends lifespan, improve immunity and resistance against diseases. Mongolian scientists have developed medicines, called 'Salorid', 'Salimon' which are considered to improve immune system.
<i>Bergenia crassifolia</i>	Zuzaan navchit badaan	Perennial shrub; flower: regular structured, sepals 4–5, petals 4–5, pistil 1, stamen 4–8, ovary 1 or 2 nests; stems and leaves: thick stem with thick basal leaves; roots: thick, branched rhizomes with brown color.	Khuvsugul, Khentii, Khangai, and Mongolian Altai. Site preference: Alpine rocky and stony fields, scree and shady gravel slopes, forest margins.	Not very palatable to animals.	Extract and decoction of root stocks used in the treatment of gynecological diseases and gastritis, mouth can be cleaned by extracts of root, taproot and leaves. The plant has expectorant and astringent effects. Mongolian scientists have made a medicine, named 'Badglumecine', from the roots for treatment of infectious disorders of gastro-intestinal tract of animal.

Source: (8, 10, 15, 19).

Table 2
Chemical composition (g/kg dry matter) and plant secondary metabolites in some medicinal plants of Mongolia

Plant	Crude protein	Ether extract	NDF ^a	ADF ^b	TP ^c	TT ^d	CT ^e	Tannin activity ^f	Saponin Activity ^g	Lectin activity ^h	Alkaloids	Cyanogen (µg KCN/g)
<i>Artemisia frigida</i> ¹	156.4	19.4	548.1	431.0	19.7	5.1	0.3	4.3	nd	nd	nd	nd
<i>Artemisia frigida</i> ²	90.3	14.1	560.7	426.8	21.9	4.0	0.8	0	nd	nd	nd	nd
<i>Tanacetum vulgare</i>	151.8	34.5	462.3	416.0	37.5	5.7	0.4	0	0.02	nd	nd	nd
<i>Iris lactea</i>	103.0	14.7	495.1	436.3	38.1	28.9	14.3	0	nd	0.08	nd	nd
<i>Rheum undulatum</i>	105.2	6.0	227.7	168.5	76.6	55.7	7.1	92.7	nd	0.64	nd	nd
<i>Thymus gobicus</i>	103.6	23.3	540.5	443.0	35.9	11.6	0.2	33.4	nd	0.04	nd	nd
<i>Serratula centauroides</i>	114.9	35.4	625.8	509.4	58.3	46.0	0.5	7.2	0.015	nd	nd	nd
<i>Stellera chamaejasme</i>	133.9	27.7	391.3	312.2	43.8	15.4	0.3	0.4	nd	nd	nd	nd
<i>Taraxacum officinale</i>	245.9	26.2	317.7	270.6	22.7	7.1	0.3	11.0	0.015	nd	nd	nd
<i>Delphinium elatum</i>	136.4	22.4	515.4	387.1	22.2	8.5	0.7	4.1	0.015	nd	nd	nd
<i>Artemisia frigida</i> ²	156.4	19.4	548.1	431.0	19.7	5.1	0.3	4.3	nd	nd	nd	nd
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	63.2	33.3	476.1	354.1	243.3	149.2	174.5	96.3	nd	nd	nd	nd
<i>Salsola laricifolia</i>	94.8	11.7	574.3	380.3	65.3	32.0	28.0	17.7	nd	nd	nd	nd
<i>Bergenia crassifolia</i>	63.1	23.9	260.9	190.4	320.2	178.4	14.1	169.8	nd	nd	nd	nd
<i>Bergenia crassifolia</i> [*]	32.7	7.7	226.0	197.0	309.3	165.0	33.1	204.7	nd	10.25	nd	nd

nd, not detected; ¹ Cut on July 20th 2007, and ² cut on August 20th 2007; all samples except ^{*} were leaf samples. ^{*} was a root sample

^aneutral detergent fibre, ^bacid detergent fibre; ^c, ^dTP (total phenols) and TT (total tannins) as tannic acid equivalent in g/kg DM; ^eCT (condensed tannins) as leucocyanidin equivalent in g/kg DM; ^fpercent increase in gas on addition of polyethylene glycol; ^g Inverse of the minimum amount of plant-material/ml of assay, which produced haemolysis; the assay comprised of 1: 1 (v / v) of plant-material in PBS and 3% red blood cells, ^h Inverse of minimum amount of plant-material/ml of the assay, which produced agglutination; the assay comprised of 1: 1 (v / v) of plant-material in RBC and 1% trypsinized red blood cells.

crude protein level (young leaves 15.6% and mature leaves 9.0%). The effectiveness of this plant against intestinal worms could possibly be due to the high nutritional quality and high intake of this plant material, thereby enhancing nutritional status of animals.

The use of tannins for reduction of methane (a greenhouse gas) production from ruminants is being considered (3). Recently studies conducted in our laboratory have shown a high correlation between the tannin activity and methane reducing potential of these medicinal plants from Mongolia. Tannin containing plants could possibly be used to prevent diarrhoea in pigs (9).

Saponins are steroid or triterpene glycoside compounds present in a number of plants. These were present in *T. vulgare*, *Serratula centauroides*, *T. officinale* and *Delphinium elatum* leaves (Table 2). Saponins have also been known to have several health beneficial effects, for example, enhancement of immunity, reduction in blood glucose and other antidiabetic effects, and reduction in blood cholesterol (4). The plants *T. officinale* and *D. elatum* are used in Mongolia for reducing blood sugar and blood pressure, and this study has shown that these plants contain saponins, which could possibly be responsible for these beneficial effects. Saponins also have anti-protozoal effects and could potentially

be used for controlling protozoal diseases. This group of PSMs also has strong antifungal, antinematode, molluscicidal, and insecticidal properties (2, 4, 20). The use of *T. vulgare* for killing scabies, fleas and lice as practiced in Mongolia could possibly be attributed to the presence of saponins. In addition, the saponin containing Mongolian plants could find applications for reducing emission of methane from ruminants and enhancing livestock productivity (20).

Among the PSMs determined, alkaloids and cyanogens were not detected in any of the samples analysed (Table 2). Alkaloids and cyanogens have been reported to have both detrimental and beneficial effects (17).

Lectins or haemagglutins are sugar-binding proteins. Lectin activity was present in the leaves of *I. lactea*, *R. undulatum*, *T. gobicus* and *B. crassifolia* roots; lectin activity being highest in *B. crassifolia* roots. Traditionally lectins have been described as toxic and antinutritional factors; however major developments have taken place during the last decade showing a number of potential applications of plant lectins in biomedical and bioscience fields. To name a few are applications as gut-, metabolic-, hormone- and immune-regulators and their use for protection of intestine against the adverse effects of radio- and chemo-therapy used in cancer therapy (16). Lectins present in leaves of

I. lacteal, *R. undulatum*, *T. gobicus* and *B. crassifolia* roots might elicit the beneficial effects of these plants listed in table 1. The roots of *B. crassifolia*, being high in lectin activity could be an interesting candidate for future investigations.

Based on the known activities of secondary metabolites, this study has provided explanation for some of the medicinal uses of the plants for which the local population use them. This study has also identified plant materials such as *B. crassifolia* root which is rich in tannins and lectins; *B. crassifolia*, *V. vitisidaea* and *R. undulatum* leaves which are rich in tannins; and *T. vulgare*, *S. centauroids*, *T. officinale* and *D. elatum* leaves containing saponins, for future investigations leading to their various applications in human and animal health,

production and welfare. Future studies should also be directed towards exploring other phytochemicals such as flavonoids, flavanones, phytoestrogens, essential oils etc. in the leaves and other parts of the plants especially roots, which are also used in the traditional Mongolian medicines to a considerable extent.

Acknowledgements

We are thankful to Mrs. B. Fischer for excellent technical assistance. Authors from Mongolia are thankful to International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria for the financial support.

Table 1
Plant characteristics, distribution and medicinal uses of some

Literature

1. AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
2. Argentieri M.P., D'Addobbo T.A., Agostinelli A., Jurzysta M. & Avato P., 2007, Evaluation of nematocidal properties of saponins from *Medicago* spp. *European Journal of Plant Pathology*, 120, 189-197.
3. Beauchemin K.A., Kreuzer M., O'Mara F. & McAllister T.A., 2008, Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 21-27.
4. Francis G., Kerem Z., Makkar H.P.S. & Becker K., 2002, The biological action of saponins in animal systems – a review. *British Journal of Nutrition*, 88, 587-605.
5. Haque M. & Bradbury J.H., 2002, Total cyanide determination of plants and foods using picrate and acid hydrolysis methods. *Food Chemistry*, 77, 107-114.
6. Harborne J.B., 1990, *Phytochemical methods*, Chapman and Hall, London, U.K.
7. Hoste H., Torres-Acosta J.F.J. & Aguilar-Caballero A.J., 2008, Nutrition-parasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes? *Parasite Immunology*, 30, 79-88.
8. Jigjidsuren S. & Douglas A.J., 2003, Forage plants in Mongolia. *Ulaanbaatar*, p. 244, 250, 255, 276, 301, 368, 400.
9. Krisper P., Tisler V., Skubic V., Rupnik I. & Kobal S., 1992, The use of tannin from chestnut (*Castanea vesca*). *Basic life sciences*, 59, 1013-1019.
10. Ligaa U., Davaasuren B. & Ninjil N., 2006, Medicinal plants of Mongolia used in western and eastern medicine, *Ulaanbaatar*, p. 72, 150, 293, 504.
11. Makkar H.P.S., 2003, Tannin assays, effects and fate of tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich tree and shrub foliage. *Small Ruminant Research*, 49, 241-256.
12. Makkar H.P.S., Becker K., Sporer F. & Wink M., 1997, Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3152-3157.
13. Makkar H.P.S., Francis G. & Becker K., 2007a, Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal*, 1, 1371-1391.
14. Makkar H.P.S., Siddhuraju P. & Becker K., 2007b, A laboratory manual on quantification of plant secondary metabolites, Human Press, Totowa, New Jersey, p. 130.
15. Olziikhutag N., 1985, The key of pastoral feed plants of Peoples Republic of Mongolia, p. 130, 144, 156, 216, 252, 258, 368, 416, 466, 482, 516.
16. Pusztai A., Bardocz S. & Ewen S.W.B., 2008, Uses of plant lectins in bioscience and biomedicine. *Frontiers in Bioscience*, 13, 1130-1140.
17. Rochfort S. & Panozzo J., 2007, Phytochemicals for health, the role of pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7981-7994.
18. Van Soest P.J., Robertson J.B. & Lewis B.-A., 1991, Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch carbohydrates in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
19. Volodya Ts., Tserenbaljir D. & Lamjav Ts., 2008, Medicinal plants of Mongolia, *Ulaanbaatar*, p. 78, 98, 104, 177, 187, 234, 301, 492.
20. Wina E., Muetzel S. & Becker K., 2005, The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production – a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8093-8105.

H.P.S. Makkar, Indian, PhD, Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480b), University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany.

T. Norvsambuu, Mongolian, PhD, Mongolian State University of Agricultural, Mongolia.

S. Lkhagvatseren, Mongolian, MSc, Veterinary Research Institute, Mongolia.

K. Becker, German, PhD, Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics (480b), University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany.

Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de *Cubitermes*

J.A. Mokossesse¹, M. Lepage² & G. Josens³

Keywords: Termite mound- *Cubitermes*- Plant growth - Mineral matters- Burkina Faso

Résumé

Les compartiments de termitières de Cubitermes (chapeau, colonne et base souterraine) du Burkina Faso ont été analysés et se sont avérés plus riches en phosphore assimilable, en carbone et en azote nitrique et beaucoup plus riches en azote ammoniacal que le sol témoin. Leur éventuel effet stimulant a été testé sur la croissance de jeunes plants de quatre espèces: Acacia holosericea (A. Cunn. ex G. Don.), Acacia raddiana (Sav.), Crotalaria ochroleuca (G. Don.) et Sorghum sp. (L.) pendant 47 jours. Une accélération de croissance est observée pour Sorghum sp. sur les substrats contenant 50% de poudre de chapeau ou de colonne. Cette accélération ne devient significative qu'à partir de 26 jours. Une croissance similaire pour Crotalaria ochroleuca est observée mais à partir de 40 jours.

Summary

Growth Study in Pots of Various Plants Species on Substrates Enriched by Termite Mounds *Cubitermes*

The different parts of Cubitermes mounds (cap, trunk and base) from Burkina Faso were analyzed and proved to be richer in available phosphorus, carbon and NO₃-N and much richer in NH₄-N than the surrounding soil. Their possible stimulating effect was tested on the seedling's growth of four species: Acacia holosericea (A. Cunn. ex G. Don.), Acacia raddiana (Sav.), Crotalaria ochroleuca (G. Don.) and Sorghum sp. (L.) during 47 days. An acceleration of growth is observed for Sorghum on the substrates containing powder 50% of cap or column. This acceleration becomes significant only from 26 days. A similar growth is observed for Crotalaria but as from 40 days.

Introduction

La gestion durable et la reconstitution des sols fortement dégradés constituent un défi pour l'agriculture des pays tropicaux. L'optimisation des productions nécessite un recours aux fertilisants chimiques qui restent très coûteux pour les producteurs des zones tropicales. L'une des solutions réside dans l'utilisation de fertilisants naturels comme ceux contenus dans les terres de termitières épigées.

Plusieurs synthèses ont été publiées sur le rôle pédologique des termites dans les sols tropicaux et leur utilisation possible en agriculture, souvent avec des résultats contradictoires (2). Parallèlement, les matériaux de termitières ont été utilisés dans les systèmes de cultures traditionnelles ou en parcelles expérimentales en Afrique (9, 11). Des travaux récents ont souligné le rôle important des termites dans l'agriculture traditionnelle africaine.

Les résultats apparemment contradictoires obtenus à propos de l'action des termites sur la fertilité des sols (3) proviennent, pour une grande part, de l'absence

d'information sur l'espèce de termite concernée, sur sa biologie, notamment le mode de construction de son nid et sa stratégie alimentaire. D'autre part, l'action des termites sur les sols étant multiples (8), il importe de pouvoir travailler en conditions contrôlées afin de préciser l'effet de telle ou telle espèce de termite sur la croissance végétale.

Parmi les groupes trophiques de termites, le groupe des humivores se révèle particulièrement intéressant à tester en raison de la plus grande richesse en matière organique de ses constructions. En particulier, il a été montré que les murailles de termitières appartenant au genre *Cubitermes* contenaient nettement plus de matière organique que les sols voisins (15) et étaient plus riches en azote minéral et en phosphore assimilable (12). Dans les interactions biologiques, la macrofaune du sol (termites, vers de terre) joue un rôle dont l'importance est de plus en plus reconnue. Les expérimentations consistant à améliorer et à mieux gérer la fertilité des sols en manipulant les populations

¹Faculté des Sciences, BP. 908, Université de Bangui, République Centrafricaine.

²Directeur de Recherche, IRD de Ouagadougou, Burkina Faso.

³Université Libre de Bruxelles, Belgique.

Reçu le 06.02.08 et accepté pour publication le 15.06.09.

de vers de terre, sont déjà fort avancées et ont connu une application au champ (10). L'utilisation de terre de termitière du genre *Cubitermes* a montré un effet positif sur la croissance végétale en pots en raison des nutriments apportés et des interactions symbiotiques développées (12).

Dans cette optique, nous avons entrepris une étude au laboratoire de l'effet de terres provenant de termitières de *Cubitermes* sur la croissance de jeunes plantules appartenant à quatre espèces végétales et comparé cette croissance à celle obtenue sur le sol de savane.

Nous avons également voulu savoir quelle partie de termitière (à savoir le chapeau, la colonne ou partie souterraine) influencerait le mieux la croissance.

Matériels et méthodes

Les mesures de croissance végétale ont été conduites à l'Institut de Recherche et Développement de Ouagadougou (IRD) au Burkina Faso, sous une couverture de toile à fines mailles.

Substrats de croissance

Les substrats de croissance sont constitués de divers mélanges. Le témoin est un sol sableux de savane qui a été stérilisé à l'autoclave à 105 °C pendant 2 heures afin d'éliminer la microflore autochtone et qui a été fourni par l'INERA de Kamboinsé. A cette terre stérilisée est ajouté un volume de 10 ou 50% de terre de termitières de *Cubitermes* sp. provenant du village de Tiogo au Burkina Faso (chapeau, colonne ou partie souterraine jusqu'à 30 cm de profondeur) émiettées dans un mortier en porcelaine, tamisées à 2 mm et homogénéisées. Dix répétitions ont été réalisées sur chaque substrat.

Espèces végétales

Les plantes testées sont deux ligneux de la famille des Mimosaceae: *Acacia raddiana* (Sav.) et *A. holosericea* (A. Cunn. ex G. Don.) et deux herbacées: l'une de la famille des Poaceae, *Sorghum* sp. (L) et l'autre de la famille des Fabaceae, *Crotalaria ochroleuca* (G. Don.). Les graines proviennent du Centre de Semences Forestières de l'INERA. Le choix de *Sorghum* sp. est guidé par le fait que cette Poaceae qui ne forme pas de symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote, devrait réagir de manière beaucoup plus marquée que les autres espèces utilisées dans cette étude.

Analyses chimiques

Des échantillons de termitières de *Cubitermes* et de sol sableux de savane ont été analysés par un laboratoire spécialisé (le Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la province du Hainaut, Belgique).

Préparation des graines

Les graines des herbacées ont été triées à la main

en fonction de leur état physique et ont été semées à raison de trois graines par pot (hauteur: 7 cm, diamètre: 6 cm). Par la suite, deux plantes sont conservées, la moins vigoureuse étant éliminée. Afin de faciliter leur germination, les graines des *Acacias* ont préalablement été scarifiées à l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 95% pendant une heure, rincées et ensuite immergées dans de l'eau gélosée (10 g d'agar-agar par litre et d'eau distillée) pendant 48 heures à 25 °C. Elles sont ensuite transférées dans des boîtes de Pétri sur le même milieu gélosé. Les boîtes ont été placées dans une étuve à l'obscurité entre 25 et 30 °C. Les graines utilisées sont celles dont les racines mesuraient entre 1 et 2 cm de longueur après incubation. L'arrosage des plantes a été fait à l'eau de robinet tous les deux jours.

Suivi de croissance

La hauteur maximale des plantes de chaque pot était mesurée à l'aide d'une règle graduée tous les lundis et jeudis pendant sept semaines. Les plantes qui sont mortes en cours d'expérimentation n'ont pas été remplacées.

Traitement des données

L'analyse statistique sur la hauteur des plantes a été faite par l'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères (espèce et traitement) et à mesures répétées à l'aide du logiciel STATISTICA 7, suivie d'une comparaison des moyennes multiples par le test de Newman-Keuls.

Résultats

Analyses chimiques

Les résultats des analyses chimiques figurent dans le tableau 1. Aucune différence significative n'a été décelée entre le chapeau et la colonne de la termitière, nous avons donc regroupé ces deux parties. On peut ensuite constater que la terre du chapeau et de la colonne de la termitière est en général plus riche que le sol témoin; la différence n'est cependant pas significative pour le potassium échangeable et est marginalement significative pour l'azote organique. Le phosphore assimilable et l'azote nitrique sont présents en plus grandes concentrations dans la base que dans le reste de la termitière, en revanche l'azote ammoniacal est plus concentré dans le chapeau et dans la colonne que dans la base de la termitière.

Influence du traitement sur la croissance

Bien que globalement significatives (ANOVA, 8 ddl, $p=0,026$), les différences entre traitements ne sont pas très grandes. En fait, le test de Newman et Keuls sur les moyennes multiples montre que seuls les substrats contenant 50% de terre de chapeau ou de colonne de termitière permettent une croissance significativement plus grande (pour l'ensemble des plantes) que le substrat contenant 10% de terre de chapeau ou de partie souterraine de termitière; le

Tableau 1

Résultats (moyennes $\pm$ écarts types) des analyses chimiques de la terre de termitière de *Cubitermes* et de sol de savane de Tiogo (Province de Boulkiendé, Burkina Faso)

Echantillons	Chapeau + colonne de la termitière	Base de la termitière	Sol sableux de savane (témoin)	ANOVA (1)	Différences significatives (2)
Nombre de mesure	6	3	4		
P assimilable (mg/100 g)	0.74 $\pm$ 0.12	1.09 $\pm$ 0.44	0.42 $\pm$ 0.04	0.008	B>T= S
K échangeable (mg/100 g)	14.7 $\pm$ 2.92	15.9 $\pm$ 3.49	11.7 $\pm$ 2.02	0.16	Ns
C (g/100 g)	1.89 $\pm$ 0.07	2.11 $\pm$ 0.30	1.57 $\pm$ 0.34	0.035	B=T> S
N organique (g/100 g)	1.49 $\pm$ 0.06	1.45 $\pm$ 0.28	1.21 $\pm$ 0.21	0.077	Ns
C/N	12.7 $\pm$ 0.7	14.6 $\pm$ 0.8	13.0 $\pm$ 1.2	0.032	B>T= S
N ammoniacal (mg/kg)	138.7 $\pm$ 18.5	56.35 $\pm$ 17.7	2.85 $\pm$ 1.81	0.0001	T>B> S
N nitrique (mg/kg)	1.64 $\pm$ 1.61	4.54 $\pm$ 3.06	0.66 $\pm$ 0.33	0.043	B>T= S

(1) valeur de p de l'ANOVA à un critère

(2) T= terre de chapeau et de colonne de termitière, B= terre de base de termitière, S= sol sableux de savane.

substrat constitué uniquement de sol stérilisé se situe au milieu de la distribution (Figure 1).

Interférence entre espèces et traitements

Les différences entre traitements sont en partie occultées par la disparité des réactions des quatre espèces par rapport au traitement. L'ANOVA révèle en effet une interférence très significative entre les espèces et les traitements (24 ddl, $p < 0,001$). Les deux espèces d'*Acacia* ainsi que *C. ochroleuca* ne montrent pas de différence significative en fonction des substrats de croissance. Seul *Sorghum* sp. s'est montrée significativement sensible aux traitements, les substrats contenant 50% de terre de colonne ou de chapeau de termitière lui assurent une croissance

très significativement plus élevée que tous les autres traitements (Newman-Keuls, $p < 0,001$). La figure 2 illustre la différence de croissance entre le substrat témoin (sol sableux de savane stérilisé) et le substrat contenant 50% de terre de colonne de termitière. Cette figure montre que la croissance du sorgho sur les deux substrats reste semblable jusqu'à 26 jours. L'ANOVA à mesures répétées montre une croissance significativement plus grande à partir de 30 jours. Par la suite, la croissance sur le substrat témoin ralentit jusqu'à la fin des observations. Une accélération de croissance est par contre observée sur le substrat enrichi avec 50% de terre de colonne et se maintient jusqu'à la fin de la période d'observation.

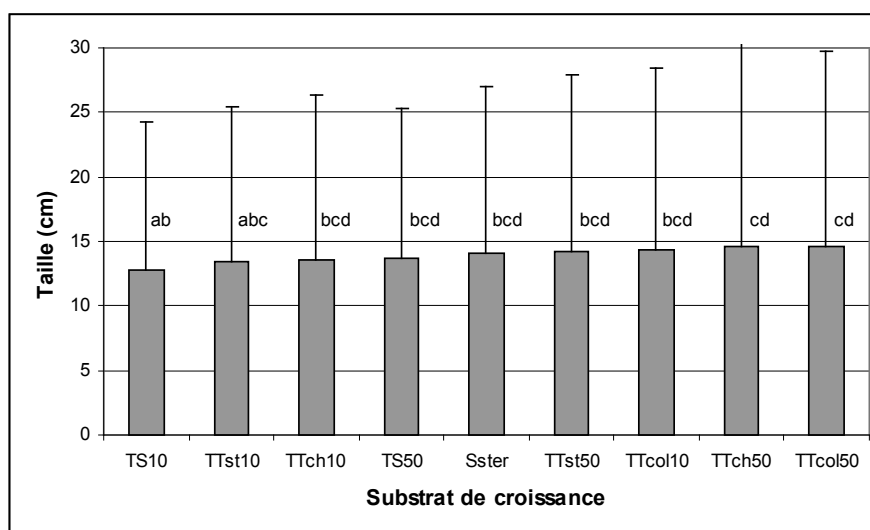


Figure 1: Comparaison des tailles des plantes (valeurs moyennes sur les quatre espèces au cours des 47 jours de croissance) en fonction des substrats de croissance (moyennes et écarts-types). Les traitements qui ont reçu les mêmes lettres ne diffèrent pas significativement entre eux. TS10= 10% de terre de savane, TTst10= 10% de terre de partie souterraine de termitière, TTch10 = 10% de terre de chapeau de termitière, TS50= 50% de terre de savane, Sster= sol stérilisé, TTst50= 50% de terre de partie souterraine de termitière, TTcol10= 10% de terre de colonne de termitière, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière, TTch50= 50% de terre de chapeau de termitière.

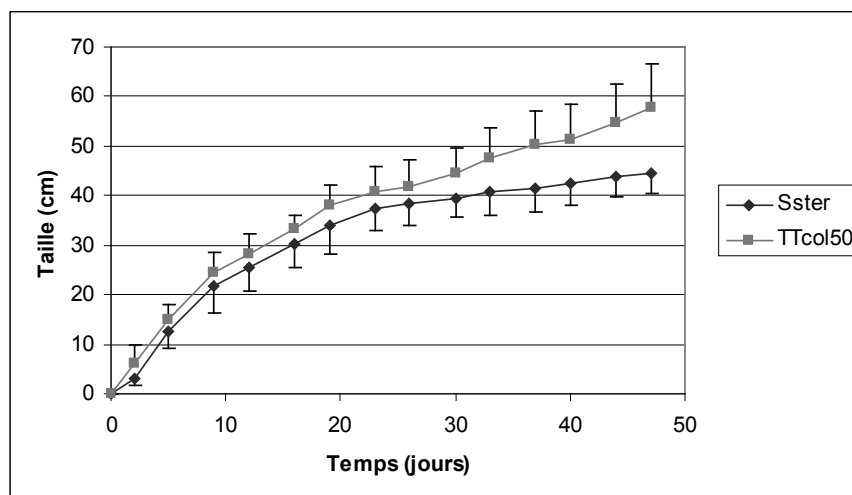


Figure 2: Comparaison des croissances (moyennes et écarts-types) de *Sorgho* sur deux substrats: Sster= sol stérilisé, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière.

Bien que le test de Newman & Keuls ne détecte pas d'interférence entre espèce et traitement dans le cas de *Crotalaria*, le substrat contenant 50% de terre de colonne de termitière montre une croissance significative après 40 jours d'observation (Figure 3). Cette figure montre à nouveau que la croissance sur sol de savane stérilisé ralentit et se maintient jusqu'à la fin des observations. Sur le substrat enrichi avec 50% de terre de colonne de termitières, la croissance de *Crotalaria* s'accélère à partir de 40 jours.

Discussion

Des études récentes ont montré que si les terres de termitières de *Cubitermes* sont plus riches en azote que le sol avoisinant, c'est surtout sous la forme NH_4 qu'elles le sont (de l'ordre de 125 à 250 mg d'azote ammoniacal/kg de termitière contre 2 à 5 mg/kg de terre de savane (12). Nos analyses ont confirmé ces résultats: les terres de termitières sont non seulement significativement plus riches en azote ammoniacal

mais aussi en azote nitrique, en carbone et en phosphore assimilable que le sol sableux de savane. L'apport de terre de termitière comme amendement a eu des effets sur deux des quatre espèces végétales testées dans cette étude (*Sorghum* et *Crotalaria*). Un des effets est direct (pour *Sorghum* qui ne développe pas de nodules) par la mise à la disposition des plantes, de l'azote minéral dont elles ont besoin pour leur croissance (5). L'autre aspect est indirect et concerne l'influence du complexe organo-minéral sur la capacité d'échange du sol et sur l'activité bactérienne (dans le cas de *Crotalaria* qui réalise une symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote). On se souviendra en outre que dans le sol, deux types principaux de bactéries fixent l'azote atmosphérique. Il s'agit d'une part, des bactéries du genre *Azotobacter* qui vivent sous forme libre dans le sol et en même temps fixent l'azote libre de l'air (N_2), et d'autre part, les bactéries de la famille des *Rhizobiaceae* (dont les plus connues sont les genres *Rhizobium* et *Agrobacterium*) qui réalisent une

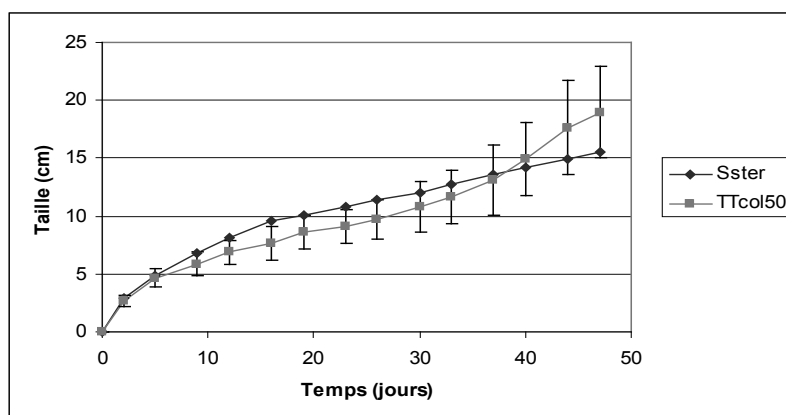


Figure 3: Comparaison des croissances de *Crotalaria* sur deux substrats: Sster= sol stérilisé, TTcol50= 50% de terre de colonne de termitière. Pour la clarté du graphique, les écarts-types n'ont été représentés que sur la série TTcol50.

fixation symbiotique avec les légumineuses.

Dans les conditions de cette étude, les espèces végétales utilisées montrent des réactions contrastées par rapport aux différents substrats testés.

Le sorgho est la seule plante dans cette étude qui ait donné une réponse significativement différente en fonction des apports de terre de termitière. La figure 2 suggère cependant que la stimulation de croissance ne devient effective qu'à partir de la 4^{ème} semaine, comme si l'azote présent n'était pas directement disponible et qu'il fallait une intervention microbienne pour le rendre disponible (nitrification?). Par ailleurs, les amendements à 50% de terre de colonne ou de chapeau se sont révélés plus stimulateurs de la croissance du sorgho que les amendements à 50% de terre de partie souterraine de termitière. Ceci est cohérent avec les différentes concentrations d'azote ammoniacal dans les différents compartiments du nid (Tableau 1), constatation également rapportée par Fall *et al.* (6) chez *Cubitermes niokoloensis* et avec le fait que N'diaye *et al.* (13), ont montré que certaines fonctions microbiennes du cycle de l'azote étaient bloquées dans les constructions de *Cubitermes*. Ces fonctions pourraient être débloquées par le fait que la structure de la termitière a été détruite et que la terre de termitière a été mélangée à parts égales au sol et régulièrement arrosée.

Les légumineuses satisfont leurs besoins azotés à partir de deux sources: l'azote minéral du sol (qui est la source privilégiée par la plante) et l'azote de l'air, acquis grâce à leur symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. En ce qui concerne *Crotalaria ochroleuca*, l'apport de terre de termitière, riche en azote ammoniacal, a vraisemblablement inhibé la formation de nodules symbiotiques au niveau des racines; ces nodules n'ont pas davantage pu se développer dans le sol stérile ce qui permet de comprendre que les plantes se développent initialement à des vitesses similaires sur les deux substrats. Toutefois, une stimulation de la croissance semble intervenir, comme pour le sorgho, après 4 à 5 semaines sur le substrat enrichi de terre de termitière.

Les deux espèces ligneuses (*Acacia raddiana* et *A. holosericea*) n'ont montré aucune réaction en présence de terres de termitières utilisées comme amendement à différentes proportions. Cela peut s'expliquer par la lenteur de leur croissance (1) et par la courte durée

de nos observations (7 semaines). Les deux espèces d'*Acacia* ont fait l'objet de beaucoup de travaux sur leur capacité à développer une symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote. Hassna *et al.* (7), ont montré qu'elles établissent une symbiose non seulement avec des microorganismes fixateurs d'azote mais aussi avec des champignons mycorhiziens assimilateurs de P, K, Ca, Mg et Na. Des expériences d'inoculation de deux microorganismes (*Rhizobium* et *Bradyrhizobium*) à quatre espèces d'*Acacia* ont permis à Njiti et Galiana (14) de noter la formation des nodules responsables de la fixation de l'azote et d'obtenir une meilleure croissance. Duponnois *et al.* (5) ont montré dans un suivi de croissance de *A. holosericea* inoculée avec un champignon ectomycorhizien, un meilleur développement des jeunes plantules après 4 mois de culture sous serre. Le fait que cette étude ait montré une insensibilité des espèces d'*Acacia* à l'enrichissement des substrats par la terre de termitière contrairement à ce qu'ont rapporté les travaux de N'diaye *et al.* (12) et de Duponnois *et al.* (5), résulte probablement de la trop courte période de notre expérimentation.

Conclusions

Au regard de la réponse du sorgho qui n'entretient pas de relation symbiotique pour satisfaire ses besoins en azote indispensables à sa croissance, cette étude montre clairement la contribution de la terre de termitière de *Cubitermes* comme fertilisant. Cette étude a également montré que la colonne et le chapeau de la termitière sont les seuls compartiments à contenir une concentration élevée en azote ammoniacal et à stimuler efficacement la croissance du sorgho. En raison du temps relativement court consacré à cette étude, nous n'avons pas pu mettre en évidence l'effet de la terre de termitière sur la croissance des autres espèces qui forment selon les données de la littérature, une symbiose soit avec les champignons mycorhiziens ou avec des bactéries fixatrices d'azote.

Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien de la Fondation Internationale pour la Science (IFS) et du Ministère Français de la Coopération à travers le Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de Bangui ainsi que de l'Agence Générale à la Coopération et au Développement de Belgique.

Références bibliographiques

1. Augustine K.T., 2004, Seedling morphology of *Acacia holosericea* A. Cunn. Ex G. Don. Journal of Economic and Taxonomy Botany, **28**, 1, 104-106.
2. Black H.I.J. & Okwakol M.J.N., 1997, Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. Applied Soil Ecology, **6**, 1, 37-53.
3. Duboisset A., 2003, L'importance agricole des termitières épigées dans le nord du Cameroun: l'exemple des nids de *Macrotermes subhyalinus* et d'*Odontotermes magdalenae*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Val-de-Marne. 482 p.
4. Duponnois R., Founoune H., Masse D. & Pontanier R., 2005, Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semiarid site in Senegal: growth response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years plantation. Forest Ecology and Management, **207**, 3, 351-362.
5. Falisse A. & Lambert J., 1996, La fertilisation minérale et organique. In: Agronomie moderne: bases physiologiques et agronomiques de la production végétale (chap. 16), Ameziane T. et Persoons E. (coordinateurs). Hatier AUPELF UREF, 378-398.
6. Fall S., Brauman A. & Chotte J.L., 2001, Comparative distribution of organic matter in particle and aggregate size fractions in the mounds of termites with different feeding habits in Senegal: *Cubitermes niokolensis* and *Macrotermes bellicosus*. Applied Soil Ecology, **17**, 2, 131-140.
7. Hassna F., Duponnois R., Amadou M. Bâ. & Fouad El. B., 2002, Influence of the dual arbuscular endomycorrhizal/ectomycorrhizal symbiosis on the growth of *Acacia holosericea* (A. Cunn. Ex G. Don.) in glasshouse conditions. Ann. For. Sci. 59, 93-98.
8. Holt J.A. & Lepage M., 2000, Termites and soil properties. Termites, evolution, sociality, symbiosis, ecology, T. Abe, D.E. Bignell & M. Higashi, eds., Kluwers Acad. 389-407.
9. Kombélé B.M. & Beloy N., 1995, Utilisation des terres de termitières et de la paille sèche d'arachide comme fertilisants en cultures maraîchères à Yangambi (Zaire). Cahier Agriculture, 4, 125-128.
10. Lavelle P., Dangerfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez-Hernandez D. & Pashanasi B., 1994, The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Woomer P.L. & Swift M.J. (eds): the biological management of tropical soil fertility. Wiley & Sons, Chichester, UK, p. 137-169.
11. Lopez Hernandez D., 2001, Nutrient dynamics (C, N and P) in termite mounds of *Nasutitermes ephratae* from savannas of the Orinoco Llanos (Venezuela), Soil Biology & Biochemistry, **33**, 6, 747-753.
12. N'diaye D., Duponnois R., Brauman A. & Lepage M., 2003, Impact of a soil feeding termite, *Cubitermes niokolensis* on the symbiotic microflora associated with a fallow leguminous plant *Crotalaria ochroleuca*. Biol. Fert. Soils, 37, 313-318.
13. N'diaye D., Lensi R., Lepage M. & Brauman A., 2004, The effect of the soil-feeding *Cubitermes niokolensis* on soil microbial activity in a semi-arid savanna in West Africa. Plant and Soil, **259**, 1-2, 277-286.
14. Njiti C.F. & Galiana A., 1996, Symbiotic property and rhizobium requirement for effective nodulation of five tropical dry zone acacias. Kluwer Academy, **33**, 3, 265-271.
15. Okwakol M.J.N., 1987, Effects of *Cubitermes testaceus* (Williams) on some physical and chemical properties of soil in glassland area of Uganda. Af. J. Ecol. 25, 147-153.

J.A. Mokossesse, Centrafricain, DEA, Biologie et Ecologie Animales, spécialité Entomologie, Maîtrise ès Sciences Biologiques, Enseignant-Assistant, Chercheur, Faculté des Sciences, BP. 908, Université de Bangui, République Centrafricaine, e-mail: nicolain_mokossesse@yahoo.fr.

M. Lepage, Belge, Directeur de Recherche, IRD de Ouagadougou, Burkina Faso.

G. Josens, Belge, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, Systématique et Ecologie Animales, Av. Roosevelt, 50-CP160/13 à 1050 Bruxelles, Belgique.

On-Farm Storages Participatory Evaluation and Validation of the Capability of Native Botanicals for Control of Bean Bruchids (*Acanthoscelides Obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) in South-Kivu Province, Eastern of Democratic Republic of Congo

T.M.B. Munyuli^{1*}

Keywords: Bean bruchids management approaches- Botanicals- Participative approach- Farmers' storages- Technology dissemination & adoption- Democratic Republic of Congo

Summary

On-farm storages bean bruchids control experiments were conducted from March to August 2003 in Eastern DR Congo. Two farmers' associations were involved in the work. The effectiveness of two different approaches of bruchids management was evaluated. These two approaches were: farmers' practices and the improved approaches. Farmers' approach involve mixing plants leaves from 2 to 12 botanicals and forming layers that therefore were admixed to beans in sacks before storage. Plant leaves are applied by farmers at variable rates: 750 g to 1500 g/ 5 kg of bean grains to conserve. The improved approach involves mixing powders from several botanicals. Different doses were tested along aside the farmers' dosages: 0, 100, 200 g of powders / 5 kg of bean seeds. Plant materials were admixed to bean varieties (Kirundo, Ishikazi, Lwera, Haricot soja and VCB), and thereafter stored in farmers' stores. Bean seeds were infested with bruchids before storage in farmer' stores. Members of the two associations were involved, as well as extension staff and village chiefs. Experimental designs were set up in partnership with farmers association members. The storage period was of 6 months. The farmers, who accepted to cooperate in the experiments by offering their stores for the study, were also involved in monitoring of the trials. Overall, powders bean-treated were less damaged. Results show that addition of 200 g per 5 kg of bean seeds significantly reduced infestation and losses by bruchids in farmers' storages. The number of emerged bruchids, the percentage of weight loss and the percentage of seeds damaged were of 32-122 against 126-2920 (control), 1.3-8.6% against 23.4-71.08% (control), and 1.8-29.8% against 19.9-89.9% (control) respectively. Plant powders were rated by farmers as first compared to the plant leaves in the management of bean bruchids. Additional research is required to determine the environmental and human health implications of these powders. The replication of the trials at low rate of applications of the different doses, would be interesting to investigate, since the current effective dose seems to be high and not economic or rational.

Résumé

Evaluation et validation participatives de l'efficacité d'un mélange de poudres végétales dans la lutte contre les bruches du haricot (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) dans les greniers paysans, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

Des essais de lutte contre les bruches du haricot en greniers ou stocks paysans ont été conduits de mars à août 2003 à l'Est de la République Démocratique du Congo. Deux associations paysannes ont participé aux essais. Deux approches de lutte contre les bruches ont été évaluées en milieu paysan: l'approche paysanne et l'approche améliorée. Dans l'approche paysanne, les feuilles fraîches de 2 à 12 plantes aux propriétés insecticides/insectifuges sont mélangées aux graines de haricot conservées dans des sacs traditionnels. Les doses croissantes de 750 g à 1500 g/ 5 kg de graines de haricot ont été appliquées lors de la conservation. Dans l'approche améliorée («l'approche scientifique»), il y a mélange des poudres végétales aux doses croissantes de 0, 100, 200 g de poudre/5 kg de graines de haricot. Les matériels végétaux (feuilles fraîches et poudres végétales) ont été mélangés lors de la conservation aux variétés de haricot suivantes: Kirundo, Ishikazi, Lwera, Haricot Soja et VCB. Les mélanges poudres végétales/ feuilles fraîches et graines de haricot ont été stockés en greniers paysans pour une période de 6 mois. Les graines de haricot étaient infestées par les bruches de haricot avant le stockage en greniers paysans. Les membres de deux associations ont offert les lieux de stockage. Les paysans chez qui les essais étaient réalisés avaient pris la responsabilité de prendre soins des essais. Des résultats de l'essai, il a été constaté que la dose de 200 g de poudre par 5 kg de graines réduisait significativement la prolifération des bruches. A cette dose, le nombre des graines trouées était très réduit. Les pertes de poids de graines en stocks étaient donc minimisées. En effet, le nombre des bruches ayant émergé, la perte de poids de graines de

^{1*}Laboratory of entomology, Agricultural & Biological Research Department, National Centre for Research in Natural Sciences, CRSN-Lwiro, D.S. Bukavu, Kivu, DR Congo, Mobile: +243990572922; Email: tmunyuli@yahoo.com
Received on 02.05.06 and accepted for publication on 08.09.09.

haricot et le pourcentage des graines trouées étaient respectivement de 32-122 contre 126-2920 (témoin); 1,3-8,8% contre 23,4-71,08% (témoin) et de 1,8-29,8% contre 19,9-89,9% (témoin). Les poudres végétales étaient plus appréciées par les paysans par rapport aux feuilles des plantes. Dans le futur, d'autres essais

sont nécessaires afin d'évaluer le risque pour la santé humaine lié à la manipulation des poudres végétales aux doses efficaces lors de la lutte contre les bruches. La répétition des essais avec des doses plus faibles serait intéressante à réaliser puisque la dose efficace apparaît trop élevée pour être économique ou rationnelle.

Introduction

In the Democratic Republic of Congo as in other countries of Eastern, Central and Southern Africa, bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important food and cash crop and the most important food legume (6, 12, 13). In these Sub-Sahara African countries, beans cover more than 22% and 10% of communities' daily needs of proteins and energy respectively (6, 7). In eastern of DRC (Kivu provinces particularly), beans are a primary source of vegetable protein and an essential supplement to roots and tuber-based diets (7, 10). Beans are mostly grown by 90% of smallholder farmers in Kivu provinces. Yields vary considerably in different agro-ecological zones of the provinces: from 500 to 4000 kg/ha. Farmers grow both bush and climbing beans as sole or in intercropping with sorghum, maize, bananas and cassava. Climbing beans are more present in high altitude than in low and medium altitude areas (5, 6, 8, 10). It is a common practice in that region to conserve bean grains after harvesting, waiting for moments of good prices at local and regional markets. Therefore, beans are stored for a period of three to nine months in traditional stores.

However, bean storage over long periods, especially at small-scale subsistence farming levels in Kivu (D. R. Congo), is limited due to bruchid infestation that results in heavy losses about 35-95% (6, 8, 10). To avoid excessive losses, most farmers are forced to sell off surplus grain immediately after harvest, and this; unfortunately, often coincides with the time when prices are lowest. This scenario reduces motivation to increase production as well as to store for longer periods and hence contributes to develop the vicious cycle of low dietary intake of cheap proteins of high biological value.

Conditions are usually inadequate at farmer level to prevent or reduce insect attacks during storages. In earlier works, bean bruchids (*Acanthoscelides obtectus*, Coleoptera: Bruchidae) were identified as main pest of beans in storage (9). Generally, in Kivu provinces, bruchid infestations start in field and continue in storage (Munyuli, personal observation). There is still a paucity of information on appropriate field and storage management methods of bruchids at small-scale farmers' level in eastern and central Africa.

Available bruchids management methods in storages

include use of vegetable oil, hermetic storage, solarisation, sunning, sieving regimes and contact insecticides and fumigants.

Across Sub-Sahara Africa bean growing regions, there are increasing efforts to develop cheaper and sustainable insecticide-based local techniques for protecting seeds in small traditional farm stores (Dr K. Ampofo, personal communication). Some of these methods (sunning, ash,...) were evaluated by scientists for their effectiveness in controlling bean bruchids (17, 21). The use of plant products is popular in Kivu provinces. Small-scale farmers in Kivu usually mix stored foodstuffs with different kinds of plant products to protect them against bruchid damages.

A modest survey of ethnobotanical materials used traditionally for stored products protection in Kivu, was conducted by Munyuli (9), with the objective of evaluating their active constituents.

A checklist of botanicals used by farmers for the control of bean bruchids was thereafter established (9, 10). The performance of effective botanicals was also earlier tested in the laboratory (10). Findings from these laboratory trials showed that the mixture of several (around 12) botanicals (insecticide and repellents plant species) during the formulation of doses is effective rather than using powders from one or three plant species (11). The repellency of that powder can be maintained in stores for more than 6 months unlikely for powder from a single plant species. The performance of a single plant species do not go over than 3 months in store: generally, bruchid attacks are observed from the first month of storage. Farmers in Kivu provinces are mostly interested in storing their beans as seeds in order to meet needs and wants of seeds in further cropping campaigns. During cropping campaigns, there is a growing willingness of all bean producers to buy seeds of good quality from their neighbors. Farmers are also interested in delaying sales, waiting for the improvement of the market (8). To be efficient, these activities require that bean be stored for at least 6 months. The mixture of several plant species during powders manufacturing, appears meeting farmers' needs.

There was a need to validate and disseminate promising technologies under farmer field and storage

conditions for the benefit of smallholders who store beans to improve their income.

Before recommending effective doses (mixture of several plant powders) for a large use by farmers, with high expectation of adoption, it was judged necessary to evaluate them with participation of strong and influent farmers' groups. The participatory research approach in the technology evaluation involved also village leaderships.

Therefore, the present research work was designed to investigate with farmers' participation, the potential of powders made from mixture of several plant species, as protectants, antifeedants and repellents against bean bruchids in farmers' stores.

In this study, an attempt was made to evaluate two different pest management approaches proven effective in reducing damage by bruchids during earlier laboratory studies and from farmers' reports. The study focused on determining efficacies of selected doses against bruchids assuming that plant based insecticides can be an alternative method to the heavy use of classical insecticides, and that they can increase the biodegradability of insecticide treatment and develop a better respect for the environment (14, 20).

Material and methods

Study area

The study was carried out in one of the main bean growing areas of Kivu provinces (28-29° E, 11-12° S) from March to August 2003. The climate of Kivu area is tropical humid, type AW3 (3). This climate has 2 main seasons: the rainy season (September- May) followed by the dry season (July-August). The rainfall pattern is bimodal, and receives an annual average rainfall, which varies between 1500 and 2100 mm with average temperatures of 19° C and a relative humidity of 76% (3). The tropical humid climate of the study area is temperate owing to its high altitude which varies between 800 and 3200 m. Subalpine meadow cover all the region and an abundant vegetation grows on the volcanic and ferrisols (3).

Selection of farmers' associations

We used lists of farmers' groups available in the study area. The lists were obtained from the UPDEBU ("Union pour la promotion et le développement du Bushi). Farmers' associations to work with were selected on criteria of having long experience in the management of bean bruchids using natural products including plants. Selection of farmers' associations was also based on the ability to take care of scientific trials, willingness to work in partnership with research and extension staffs from planning, implementation and

evaluation of the activities. Farmers' experience on the matter was appreciated through a fair organized in conjunction with the national agricultural advisory service. During the fair, five farmers' associations presented their best technologies and were thereafter selected. These included: ADEA-CIRHEJA (Action pour le développement de l'élevage et l'agriculture), COLUMAPHAR (Comite de lutte contre les Maladies par la Pharmacopée), BUNYIBUNYI (Association des mamans de Kadjucu), JAK (Jeunesse Agricole de Katana), BRAK (Brigade Agricole de Katana). Two (ADEA and JAK) of those retained during the fair were randomly selected.

Two days were spent with members of each of the two groups. During the meeting, agreements for collaboration were discussed and determined.

Management and evaluation of the storage experiments

In partnership with ADEA and JAK farmers' associations, two bruchids management methods were evaluated using a randomized complete block design of five replicates (five replicates per treatment). The two methods tested were: farmers' method and the "scientific method" or improved approach.

Farmers' method is the method used by many farmers including members of JAK and ADEA. It consists of admixing bean grains during the storage with a mixture of fresh plant leaves/parts from 2 to 8 plant species. During storage, in traditional baskets or sacks, beans are stored between several layers made from these fresh plant leaves. The number of botanicals to use varies from an area to another and from a season to another, depending on their availability in the nature. Several plant leaves and fruits are mixed but often *Cuppressus lusitanica* L. (Cupressaceae), *Eucalyptus* sp (Myrtaceae), *Tetradenia riparia* L. (Lamiaceae), *Maesa lanceolata* Forsk. (Myrsinaceae), *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), *Chincona ledgeriana* L. (Rubiaceae), *Tephrosia vogelii* Hook. (Fabaceae), *Capsicum fruitensis* L. (Solanaceae), *Vernonia amygdalina* Del. (Asteraceae), *Tithonia diversifolia* L. (Asteraceae), *Momordica foetida* L. (Cucurbitaceae) and *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae). Before forming layers, plant materials are collected separately from each plant species and then mixed later. A sack of 100 kg is therefore filled with around five layers. The quantity (dose) of fresh leaves per layer varies from a farmer to another one. In addition to that, there is a paucity of information in the plant materials combination to formulate effective and economic dose.

During the trial, the following doses were tested: 0.75 kg and 1.5 kg of mixed fresh leaves from the above 12 plant species per 5 kg of bean grains. The "scientific method" is an improved version of the farmers' one. This technology was developed and evaluated under

laboratory conditions. It consists of mixing powders of repellent and insecticide plants. Plants are chosen among those used regularly by farmers. Plants considered as effective by farmers are collected from the nature, dried and powdered separately. Powders from different plant species are mixed at equal proportion (10) during the formulation of the doses. Under laboratory conditions, 20-40 g plant powders/kg of bean seeds was found to be effective doses (8, 10). In this experiment, 3 doses were evaluated alongside farmers' ones: 0, 0.1, 0.2 kg powders / 5 kg of bean seeds.

The trial was conceived and set up in collaboration with members of the two farmers' groups. With ADEA, two bean varieties were used: Majambere (VCB) and Katabonimbwa (*Kirundo*). In partnership with JAK, five popular and marketable bean varieties were used: M'Lwera (*Mafutala*), *Kirundo*, Haricot Soja (G2333), *Ishikazi* (local variety) and *Namakala*.

Five to ten kg of bean seeds was admixed with fresh leaves or with plant powders. The products (beans + plant materials) were stored in sacks (common storage envelops) and kept in storerooms of the farmers' associations. These sacks were kept in a dry, cool and lighted place. Sacks used were bought by farmers. Before storing, bean seeds bought from farmers, were put in a fridge (refrigerator at 4 °C) for 4 days to minimize late infestation due to young stages of bruchids from the fields.

Members of the two associations were required to take care of trials and protecting them against any disturbance from children, rats...

Bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L.) were artificially released in all the treatments at the rate of 20 (for JAK) and 50 (ADEA) unsexed adult bruchids. At each association, the rate of bruchids infestation depended on their availability in the area. The storage period was of 6 months, and immediately after that time, the experiments were evaluated.

At the evaluation, extension staff, village chiefs as well as the association members (men and women) were invited. Farmers were requested to give own opinion or perception on the performance of each method or dose in conserving/protecting bean seeds against bruchid attacks during 6 months of storage.

During the evaluation, three parameters were appreciated: the number of emerged bruchids, the percentage of seeds damaged and the percentage of weight loss.

Weight loss was evaluated using Shulten (1, 4, 19) equation, as follows:

% Weight loss (Y):

$$Y = \frac{(W_u.N_d) - (W_d.N_u)}{W_u (N_d + N_u)}$$

Where:

W_u= weight of undamaged seeds;

W_d= weight of damaged seeds (perforated grains);

N_u= number of undamaged seeds;

N_d= number of damaged seeds.

Data analysis

All data were subjected to analysis of variance (ANOVA), after checking the validity of the assumptions underlying this test. For skewed data distribution, raw data were transformed and adjusted to approximate the normal distribution. Percentage of seeds damaged and percentage of weight loss data were subjected to arcsin/x transformation. The number of emerged bean bruchids data was also subjected to natural logarithmic [X_t= ln(x + 1)]. Where the F-statistics indicated significant effects, means were separated using Fisher's protected least significant difference (LSD) test at 5% probability level. All analyses were conducted with the Genstat computer package programme (Genstat 5 release 3.2 PC/Windows 95).

Results

For both ADEA and JAK associations, ANOVA revealed significant (P < 0.05) effects for bruchids management practices (methods), doses and bean varieties used. However, regarding the percentage of weight loss, with JAK farmers' association, ANOVA did not reveal significant (P > 0.005) effects of treatments (doses, methods).

The proliferation of bruchids in farmers' stores was significantly influenced by the management practices applied. The "scientific method" was effective in controlling bean bruchids at the rate of 0.2 kg powders/5 kg of bean seeds. In fact, with the improved method, the population of emerged bruchids, was of 122-106 (dose 3), (Table 1) and 10-32 (dose 3), (Table 4) against 746-2920 (control), (Table 1) and 126-438 (control), (Table 4), for ADEA and JAK associations respectively.

With the "scientific method", the dose of 0.2 kg powders/5 kg of bean seeds significantly (P < 0.05) reduced bruchids attacks and weight losses in farmers' stores. At that dose, the percentage of weight loss was of 0.19-3.54 % (Table 2), 1.3-8.6% (Table 5) against 23.4-71.08% (control), (Table 2) and 27.6-58% (control), (Table 5). The percentage of seeds damaged (perforated) by bruchids was of 1-1.8 (Table 3) and

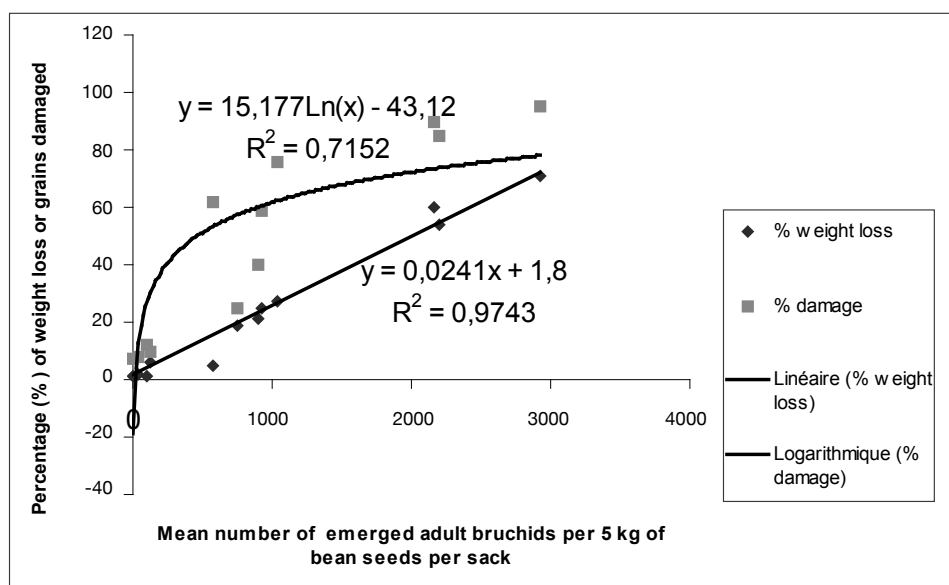


Figure 1: Relationship between the emergence of bean bruchids, damage level of bean grains and losses in farmers' storages, in Kivu, DR Congo March-August 2003.

Table 1

Effect of different methods of protecting bean grains with plant materials, in farmers' storages, on the mean number of emerged bean bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L.) in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

A: ADEA farmers' association

Methods of bean bruchids management	Doses tested	Bean varieties		Mean
		VCB	Kirundo	
Farmers' method (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): kg of fresh leaves / 5 kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	2160.0 b	900.00 a	1530.0
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg beangrains)	2200.0 b	1040.0 a	1620.0
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	9280.0 c	570.00 b	4925.0
"Scientific method" or improved method (mixture of plant powders from 12 botanical species): kg of powders / 5 kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	2920.0 a	746.00 a	1833.0
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	106.00 d	122.00 c	114.00
	Dose 3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	5.000 d	37.000 c	21.000
	Mean	1387	569	
	CV (%)	28.1	22.1	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%)= coefficient of variation (%).

Table 2

Effect of different methods of protecting bean grains with plant materials, in farmers' storages, on percentage of weight loss of bean seeds in farmers' storages, in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

A: ADEA farmers' association

Methods of bean bruchids management	Doses tested	Bean varieties		Mean
		VCB	Kirundo	
Farmers' method (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): kg of fresh leaves / 5 kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	69.340 a	39.40 a	54.37
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg bean grains)	59.200 b	36.10 a	47.65
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	38.200 c	16.28 b	27.24
"Scientific method" or improved method (mixture of plant powders from 12 botanical species): kg of powders / 5 kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	71.080 a	23.40 b	47.24
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	9.060 d	5.840 c	7.450
	Dose 3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	0.190 e	3.540 c	1.865
	Mean	41.18	20.76	
	CV (%)	18.6	19.2	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%)= coefficient of variation (%).

4.42-29.8% (Table 6) against 19.9-89.9% (control), (Table 3) and 57.4-66.20 % (control), (Table 6) for ADEA and JAK associations respectively.

There was a strong correlation between the emergence of bruchids and the percentage of weight loss (Figure 1).

Table 3

Effect of various practices of protecting bean grains with plant materials, in farmers' storages, on percentage of damaged (perforated) bean seeds by bruchids, in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

A: ADEA farmers' association

Bruchids management practices	Doses tested	Bean varieties		Mean
		VCB	Kirundo	
Farmers' practices (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): kg of fresh leaves / 5 kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	85.2 a	36.2 b	60.7
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg bean grains)	42.8 b	72.4 b	57.6
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	53.4 b	40.4 b	46.9
Improved practices (mixture of plant powders from 12 botanical species): kg of powders / 5 kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	89.9 a	19.9 c	54.9
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	6.80 c	5.20 d	6.00
	Dose 3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	1.00 c	1.80 d	1.40
	Mean	46.5	29.3	
	CV (%)	23.5	22.5	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%)= coefficient of variation (%).

Table 4

Effect of various management practices of bean bruchids with plant materials, in farmers' storages, on the mean number of emerged bean bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L.), in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

B: JAK farmers' association

Bruchids management practices	Doses tested	Bean varieties					Mean
		M'Mafutala (M'Lwera)	Kirundo	Ishikazi	Haricot Soja	Namakala	
Farmers' practices (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): kg of fresh leaves / 5 kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	139.4 0b	200.0 c	256.0 a	134.80 b	233.00 a	192.64
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg bean grains)	181.40 a	434.0 a	200.0 b	101.00 b	216.00 a	353.28
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	104.00 b	160.0 d	180.0 b	47.200 c	105.00 b	119.24
Improved practices (mixture of plant powders from 12 botanical species): kg of powders / 5 kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	126.00 b	298.0 b	158.0 b	438 .00 a	106.40 b	250.48
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	91.00 b	150.0 d	149.0bc	35.000 c	101.00 b	105.20
	Dose 3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	30.600 c	102.0 e	10.40 d	32.800 c	27.400 c	40.640
	Mean	112.1	224.0	159.4	131.50	131.4	
	CV (%)	19.1	18.0	18.7	17.8	19.4	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%)= coefficient of variation (%).

Table 5

Effects of various management practices of bean bruchids with plant materials, in farmers' storages, on the percentage of weight loss of bean grains, in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

B : JAK farmers 'association

Bruchids management practices	Doses tested	Bean varieties					Mean
		M'Mafutala (M'Lwera)	Kirundo	Ishikazi	Haricot Soja	Namakala	
Farmers' practices (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): Kg of fresh leaves / 5 kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	59.60 a	39.40 a	22.80 a	47.000 a	28.600 a	39.48
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg bean grains)	51.40 a	23.40 a	29.00 a	25.200 b	19.000 a	29.60
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	31.00 a	20.40 a	16.00 a	16.600 b	18.400 a	20.48
Improved practices (mixture of plant powders from 12 botanical species): Kg of powders / 5 kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	29.00 a	39.20 a	30.00 a	58.00 a	27.600 a	36.76
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	7.000 b	10.40 b	9.100 a	29.20 b	8.0000 b	12.74
	Dose3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	8.600 b	7.60 b	1.300 b	14.00 b	2.6000 b	6.820
	Mean	31.10	23.40	18.00	31.70	17.40	
	CV (%)	51.00	57.00	52.00	51.00	49.00	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%)= coefficient of variation (%).

Table 6

Effects of various management practices of bean bruchids with plant materials, in farmers' storages, on the mean percentage of bean grains damaged(perforated) by bruchids , in Kivu, D R Congo (March- August, 2003)

B : JAK farmers 'association

Bruchids management practices	Doses tested	Bean varieties					Mean
		M'Mafutala (M'Lwera)	Kirundo	Ishikazi	Haricot Soja	Namakala	
Farmers' practices (mixture of plant leaves from 3 to 8 botanicals): Kg of fresh leaves / 5 Kg of bean grains	Dose 1 (0 kg /5 kg bean grains)	58.000 a	75.80 b	60.40 a	50.800 b	49.40 a	58.880
	Dose 2 (0.75 kg/5 kg bean grains)	61.800 a	50.40 c	58.00 a	31.800 c	39.60 b	48.320
	Dose 3 (1.5 kg/5 kg bean grains)	59.400 a	39.60 d	9.000 c	17.120 e	37.60 b	32.544
Improved practices (mixture of plant powders from 12 botanical species): Kg of powders / 5 Kg of bean seeds	Dose 1 (0 kg/5 kg bean grains)	57.400 a	82.20 a	57.40 a	66.200 a	40.20 a	60.680
	Dose 2 (0.1 kg/5 kg bean grains)	31.400 b	49.80 c	35.40 d	27.80 d	36.60 b	36.200
	Dose 3 (0.2 kg/ 5 kg bean grains)	4.4200 c	29.80 c	4.640 d	6.2400 f	20.06 c	13.032
	Mean	45.4	54.00	37.470	33.330	38.230	
	CV (%)	9.30	9.00	7.90	9.20	8.80	

Within columns, means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability levels as determined with Fisher's protected least significant difference (LSD) test for means separation. CV (%) = coefficient of variation (%).

Discussion

There was a great variation in bean varieties regarding the degree of susceptibility to bruchids attacks. High attacks of bean varieties by bruchids depended on approaches and type of doses applied. Local varieties were more resistant than improved, elite, commercial and marketable ones. Also, the degree of humidity of bean varieties before storage could have been of high importance in term of susceptibility to bruchids attacks. Therefore the local varieties *Ishikazi* and *Namakala* were less attacked by bruchids. However, *Kirundo*, although being a recent introduced variety had similar trend to *Ishikazi* in terms of degree of susceptibility to bruchid attacks. Such behavior was less understood. However, the variety belongs to a group of varieties currently being released under the “bean biofortification project” of the national legume crops program based at Mulungu agricultural research station in the Kivu provinces. These varieties are said to be rich in proteins, iron, zinc, etc. There is a vaste campaign to release these varieties especially in areas severely affected with children and adult malnutrition in the Kivu provinces (M. Nkonko, personal communication). Among the targeted areas, include Kabare North, Kalehe South territories of South Kivu provinces. In these areas, more than 5000 children are admitted yearly in nutritional centers (Dr Bahizire, Director of Pediatric hospital of CRSN-Lwiro, personal communication). Therefore, scientific communities are mobilizing their efforts in a multi-sectorial approach to reduce of the frequency of child mortality due to chronic malnutrition. Malnutrition is becoming endemic in the region for several cultural and nutritional reasons. Therefore, farmers are being encouraged to adopt some agricultural technologies such as orange flesh genotypes and beans varieties rich in proteins, vitamins and minerals already available regional research centers within DRC.

There was a high to moderated level of bruchids emergence across farmers’ storages. The difference in emerged bruchid populations between the two farmers’ associations may be due to the difference in numbers of non-sexed bruchids initially released in all treatments. Farmers’ stores used were not prior disinfested. It is therefore possible that other bruchids may be redundant in ADEA stores.

Reading from the figure 1, it is clear that the high level of seeds damaged does not necessarily implies high level of weight loss. However, the proliferation of bruchids in stores implies high numbers of grains damaged. Minimizing weight losses in storages will require that effective measures are taken to reduce or control population density of bruchids.

Over all, powders-treated beans were least attacked

and, this was demonstrated by reduced emergent adult bruchid numbers, low damage level and low weight loss percentage. Fresh leaves were the least effective against bean bruchids even when applied at high rate. This was demonstrated by the highest number of adult bruchids that emerged.

The emergence patterns of *A. obtectus* from bean varieties varied between the different treatments applied. Results from the current study say that dose of 0.2 kg powders/5 kg was effective in controlling bean bruchids in all storages. The performance of that dose was earlier observed during laboratory studies by Munyuli (10).

Farmers’ method of controlling bruchids in stores reduced fairly the proliferation of insects in stores, only at the dose of 1.5 kg of fresh plant leaves/ 5 kg of bean seeds. This means that farmers are obliged to collect a huge quantity of plant leaves for the conservation of around 100 kg of bean seeds. Such activities require also more labor, sacks and space in the store. That dose seems to be not sustainable for small-scale farmers’ level since it involves depleting natural resources (botanicals) in the villages in a single cropping season.

The performance of plant powders in reducing bruchid damages was rated first to fresh plant leaves by farmers during the participatory evaluation of the trials. The efficacies of all other doses tested were better than the control and had reduced adult emergent numbers and seed damage but not at a significant level.

The performance of plant materials in controlling cowpea and bean bruchids, has been reported in Eastern, Central and Southern Africa, by several authors (1, 18). Similar findings to ours were reported by Silim Nahdy in Uganda while controlling cowpea bruchids (*Callosobruchus maculatus*) with plant materials of several botanicals (*Tephrosia vogelii*, *Capsicum fruitensis*, *Chenopodium sp.*, *Piper guinensis*, *Eichhoria crassipes*...). Powders made from various botanicals are reported to be effective in other parts of Sub-Saharan Africa (5, 16, 20).

Earlier work by Agona *et al.*, (2) showed that when used as an admixture, tobacco powder extended the storage duration of stored beans to more than 4 months with insignificant bruchid damage. Ofuya (15) used tobacco powder as admixture against *Callosobruchus maculatus* and reduced egg laying and hatchability by the pest on cowpeas.

Powders made by mixing several botanicals (around twelve) do extending the storage duration of stored bean for more than 6 months with insignificant bruchid damage, while single plant powder can offer

a maximum of 4 months only. Despite the fact that powders from mixture of several dried parts of many botanical species are more effective than those from a single plant application, there is however, a paucity of information on the toxicological levels of botanical admixtures on stored grains, and environment and human health; and this may restrict usage of plant powders. Since phytochemicals are organics in nature, they are assumed to be easily biodegradable, and thus their field/storage application (manipulation) may greatly be reduced than manipulating synthetic insecticides that pollute the environment with many health risks to human being and living organisms.

The relatively poor performance of farmers' formulations (doses) may be attributed to insufficient dosage rates both in quantity and quality. Fresh leaves contain more moisture than dried ones. The pressure and action of chemicals compound of plant against bruchids as antifedants or repellents, are not limited with fresh leaves.

This study presents strong empirical evidence that plant powders can delay development and spread of bruchids within storages. During the evaluation of this trial, where scientists and farmers shared experience, members of the two associations were required to appreciate the difference in approaches experimented and determine the effective dose per approach. All farmers admitted that their method of managing bean bruchids during the conservation in stores was poorly designed.

Farmers requested training on the formulation of the effective dose from the "scientific method". Training was organized for them. Members of other associations were invited and associated to the events. On-storage demonstrations, field days, shows, exchange visits/discussion were organized to strengthen the "farmers-learning-from other farmers" system as one of the tools to support communities development in Kivu provinces of DRC. During the training, many other farmers (non-bean growers) from several villages were also associated. Concerning the issue of sustainable bean bruchids management in Kivu provinces of eastern DRC, it seems to be important to assess the spread rates of technologies adoption. There is also a need to conduct socio-economic impact studies of the technology disseminated among bean growers.

Acknowledgment

We thank Mr Bisusa, coordinator of ADEA, Mr R. Bashige, coordinator of JAK, extension staffs and village chiefs for their cooperation in this study. All associations' members who participated in the trials are also acknowledged. We are grateful to CIAT/PABRA-ECABREN for funding this study. Finally, we also thank the laboratory technicians Bwema (CRSN-Lwiro) and Koleramungu (INERA-Mulungu) for their technical assistance during data collection. We also thank M. Nkonko, National bean research program coordinator based at INERA-Mulungu research station, for providing useful information about bean varieties cultivated by farmers in eastern D R Congo.

Literature

1. Anonymous, 2002, Rapport d'activité de la commission d'évaluation des pertes dans les denrées stockées créées à l'issue du Congrès de Marseille sur la protection des cultures tropicales. *Agronomie tropicale*, 24, 872-878.
2. Agona J.A., Oweru-Odom F., Kyamanwya S., Silim Nahdy M. & Willson H.R., 2001, Field management of bruchids on beans using selected phytochemicals, insecticides and entomopathogen. *African Crop Science Conference Proceedings*, 5, 153-157.
3. Bagalwa M., Munyuli Bin M. & Mweze Z., 1999, Activité insecticides de quelques plantes médicinales du Kivu, contre le *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae), ravageur principal du bananier à Iko, Sud-Kivu. *R.D. Congo. Recherches Africaines*, 4, 45-52.
4. Dent D., 2000, *Insect Pest Management*. CABI Bioscience, UK, 410 pp.
5. Donald L.M.C., Guy R.H. & Speirs R.D., 1970, Preliminary evaluation of new candidates' materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Marketing Research*. Rep. 882. Agric. Research Service, USD Dept of agriculture, Wasginton, DC.
6. Munyuli B.M. & Balezi N., 2001a, Utilisation des poudrages des plantes médicinales à propriétés insecticides dans la protection des semences et denrées alimentaires stockées (haricot, maïs & sorgho) contre les coléoptères ravageurs des stocks, au Kivu, RDCongo. *African Crop Science conference proceedings*, 5, 293-303.
7. Munyuli T.M.B. & Balezi N., 2001b, Tuteurage du haricot volubile (*Phaseolus vulgaris* L.) par le maïs (*Zea mays* L.) dans une association culturale de haricot- maïs- manioc à Katana, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *African Crop Science Conference Proceedings*, 5, 985-990.
8. Munyuli T.M.B., 2001a, Farmer's perception of bean pest problems in Kivu area, Democratic Republic of Congo. *African Crop Science Conference Proceedings*, 5, 705-713.
9. Munyuli T.M.B., 2002, Local inhabitants' control strategies of crop pests in eastern Democratic Republic of Congo, by exploiting the local plant diversity species. *Delpinoa Italy*, 44, 65-74.
10. Munyuli T.M.B., 2003, Effet de différentes poudres végétales sur l'infestation des semences de légumineuses et de céréales au cours de la conservation au Kivu, République Démocratique du Congo. *Cahiers Agricultures France*, 12, 1, 23-31.
11. Munyuli T.M.B., Balezi N. & Musakamba M., 2005, L'utilisation des poudrages de plantes médicinales dans la lutte contre les bruches du haricot au Kivu. *PABRA Millennium Workshop*. Novotel Mount Meru, Arusha, Tanzania. 28 May-1st June 2001. PABRA (Pan Africa Bean Research Alliance)/ECABREN (Eastern and Central Africa Bean Research Network)/ SABRN (Southern Africa Bean Research Network), Pp: 292-300.
12. Munyuli T.M.B., Luther G.C. & Kyamanywa S., 2007, Effects of cowpea cropping systems and insecticides on arthropod predators in Uganda and Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Crop Protection*, 26, 114-126.
13. Munyuli T.M.B., Luther G.C. & Kyamanywa S., 2008, Effects of groundnut genotypes, cropping systems and insecticides on the abundance of native arthropod predators from Uganda and Democratic Republic of the Congo. *Bulletin of Insectology*, 67, 1, 11-19.
14. Munyuli T.M.B., Kyamanywa S. & Luther G.C., 2008, Capability of *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae) to prey on *Aphis craccivora* K. (Homoptera: Aphididae) in eastern and central Africa. *Agronomie Africaine*, 20, 1, 57-66.
15. Ofuya T.I., 1986, Use of wood as, dry chill pepper fruits and onion scale leaves for reducing *Callobruchus maculatus* (F) damage in cowpea seeds

- during storage. *Journal of Agricultural Science*, 107, 467-468.
16. Sara J.B., 2002, Plants as insecticides for the protection of stored cowpea: back to basis. *In*: Cornel Adler, Shlomo Navarro, Matthias, Scholler and Lise Stenard-Hansen, (editors), integrated protection of stored products. IOBC Bulletin, **25**, 3, 165-169.
 17. Chinwada P. & Giga D.P., 1997, Traditional seed protectants for the control of bean bruchids. *Tropical Science*, 37, 80-84.
 18. Silim Nahdy M., 1999, Biopesticides: their potential in controlling storage pests. *In*: Silim Nahdy & Agona Ambrose, (editors). Proceedings of the first regional conference on stored product insect pests: their status, coping strategies and control in Eastern, Central and Southern Africa. Kampala, Uganda, 29 November-1st December 1999. ISPM-EU/NARO: p. 38-61.
 19. Sindabona J.M. & Kayitare J., 1987, Contribution à l'étude de la résistance variétale du haricot aux bruches (*Acanthoscelides obtectus* et *Zabrotes subfasciatus*). Séminaire sur les maladies et les ravageurs des principales cultures vivrières d'Afrique Centrale. IRAZ/ISABU/CTA/AGCD, Belgique. Pp: 409-420.
 20. Tapondjou A.L., Adler C., Bouda H. & Reichmuth C., 2002, Ability of products derived from the leaves of *Clausena anisota* to protect stored legumes from attack by *Collobruchus maculatus* and *C. chinense* (Coleoptera: Bruchidae). *In*: Cornel Adler, Shlomo Navarro, Matthias, Scholler and Lise Stenard-Hansen (editors), integrated protection of stored products. IOBC Bulletin, **25**, 3, 153-164.
 21. Van Huis A., 1991, Biological methods of bruchid control in the tropics: a review. *Insect Science and its Application*, 12, 87-102.

T.M.B. Munyuli, Congolese (DR Congo), PhD Candidate, Senior Researcher from the National Centre for Research in Natural Sciences, CRSN-Lwiro, D.S. Bukavu, Kivu, Democratic Republic of Congo.

Erratum

Dans l'article intitulé, «Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A(OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation » de Messieurs A. Dembele, A. Coulibaly, S.K. Traoré, K. Mamadou, N. Silue & A. Abba, Vol. 27,1, 2009, p.30, le curriculum vitae de Monsieur Mamadou Koné comportait une erreur d'identité. Il mentionnait « K. Mamadou, Ivoirien, DEA en chimie minérale à l'Université P.M. Curie (Paris 6^e), Maître-assistant à l'Université d'Abobo-Adjamé.

Veuillez excuser cette erreur et lire le curriculum vitae repris ci-dessous

« Mamadou Koné, Ivoirien, Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6^e) en Chimie minérale, Professeur, Maître de conférences, Laboratoire des Sciences de l'Environnement UFR-SGE, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire.

Effets du parasitisme interne sur la productivité des pintades locales au Burkina Faso

O.C. Hien¹, C.L. Ouedraogo², B. Diarra³ & B. Traore³

Keywords: Guinea fowl- Parasite- VPV- Mortality- Growth- Laying- Burkina Faso

Résumé

L'étude avait pour objectif d'identifier les endoparasites et de comparer les infestations parasitaires, la mortalité, la croissance pondérale, la reproduction sur des groupes de pintades déparasitées avec du vermifuge polyvalent volaille (VPV) ou non déparasitées, élevées selon le mode extensif en milieu paysan, dans deux villages de la province du Houet, Matourkou et Samagan au Burkina Faso. Les résultats ont montré que 41,9% de pintades étaient infestées et que Eimeria persistaient toujours même chez les oiseaux déparasités. Les parasites les plus rencontrés étaient Eimeria (46,6%), Ascaridia spp. (22,4%), Hymenolepis carioca (7,1%) et Rallietina spp. (7,7%). La valeur moyenne des œufs par gramme (OPG) dans les formes d'infestation simple était de 4902 ± 652 pour toutes les espèces de parasites mais atteignaient 13 600 pour Eimeria. Les OPG de 400 à 11 000 ont caractérisé les infestations pour 2 et 3 types de parasites. Les taux moyens de mortalité étaient de 20% chez les pintades déparasitées et de 33,05% chez les non déparasitées. A 32 semaines d'âge, les poids moyens des pintades déparasitées comparés à ceux des non déparasitées étaient: mâles, 1205 g vs 965 g, femelles, 1251 g vs 1085,5 g. Le parasitisme s'est révélé néfaste dès la 2^e semaine d'âge. Les pintades déparasitées sont entrées en ponte à 168 jours d'âge contre 182 jours pour les non déparasitées. En huit semaines de ponte, la femelle déparasitée a pondu en moyenne 46,2 œufs contre 33,4 œufs pour la femelle non déparasitée, avec des poids moyens de 37 g et 36,15 g respectivement. Le déparasitage des pintades au VPV du jeune âge au stade adulte améliore sensiblement leur productivité.

Summary

Effect of Endoparasitism on the Local Production of Guinea Fowl in Burkina Faso

The objective of this study was to identify endoparasites and compare endoparasitic infestations, mortality, growth weight, reproductive groups of guinea fowl dewormed with poultry polyvalent vermifuge (PPV) and non dewormed guinea fowl, kept in extensive mode in rural areas in two villages in the province of Houet, Matourkou and Samagan in Burkina Faso. The results showed that 41.9% of fowl were infected and that Eimeria always persisted even among birds dewormed. The parasites the most encountered were Eimeria (46.6%), Ascaridia spp. (22.4%), Hymenolepis carioca (7.1%) and Rallietina spp. (7.7%). The OPG in simple forms of infection ranged from 0 to 700 for all species of pests but reached 13 600 for Eimeria. The OPG from 400 to 11 000 marked the infections for 2 and 3 types of parasites. The mortality rates were 20% in dewormed and 33.05% for non dewormed. At 32 weeks of age, the average weight of dewormed fowl compared with non dewormed males were, 1205 g vs. 965 g, females, 1251 g vs 1085 g. Parasitism showed itself harmful from the 2nd week. The dewormed fowl entered into laying to 168 days of age against 182 days for non dewormed. In eight weeks of laying, the dewormed female has laid eggs averaged 46.2 against 33.4 for female eggs non dewormed, with average weights of 37.0 g and 36.15 g respectively. Deworming of guinea fowl in PPV from young age to adulthood significantly improves productivity.

Introduction

Le Burkina Faso est un pays sahélien dont l'économie est à dominante rurale. Le secteur de l'élevage figure au second rang des exploitations totales en valeur, après le coton, et contribue pour environ 15% au Produit Intérieur Brut (14). Il contribue de façon continue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations, particulièrement en milieu rural, où près de 86% de la population active y tire entièrement ou partiellement des revenus (14). En aviculture traditionnelle, en

Afrique de l'Ouest, la première cause de mortalité des volailles est la maladie de Newcastle (3, 4, 5), suivie par la typhose/pullorose et la variole aviaire (13).

Les endoparasitoses ne se manifestent pas de manière spectaculaire, sans mortalités élevées comme dans le cas des maladies susmentionnées, sauf dans de rares cas d'enzootie de coccidiose chez les jeunes animaux (3). Cependant, les réductions de

¹UCAO-UUB, 01 BP 1052, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. E-mail: Hien_ollo@yahoo.fr (auteur pour la correspondance).

²PDAV, BP 1907, Ouagadougou, Burkina Faso.

³UPB/IDR 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

⁴Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

Reçu le 12.01.09 et accepté pour publication le 06.10.09.

productions et les pertes économiques entraînées par les morbidités qu'ils causent sont plus importantes que celles causées par les autres groupes de maladies. Les endoparasitoses apparaissent sous forme de polyparasitisme avec des prévalences de plus de 75%. Environ 95% des poulets autopsiés sont infestés par au moins une des dix espèces différentes de nématodes et 85,6% sont porteurs d'au moins une des trois espèces différentes de cestodes (3). Les pintadeaux sont infestés entre autres par des *Trichomonas*, des ookystes de coccidies, des *Ascaris*, de *Ténia* et *Spirures* du genre *Tétramère* avec des taux globaux de prévalence de 85 et 76% respectivement en élevage amélioré et en élevage traditionnel (2). Mais toutes ces études n'ont pas encore évalué les effets du polyparasitisme de ces volailles sur leur productivité. L'objectif de la présente étude était d'évaluer les pertes dues au polyparasitisme sur des pintades élevées dans des conditions traditionnelles par l'identification des endoparasites, l'étude comparée de la croissance pondérale chez des pintades déparasitées et non déparasitées, l'étude comparée de la reproduction chez ces volailles et l'évaluation de la mortalité.

Matériel et méthodes

1. Matériel

- **La zone d'étude:** l'étude s'est déroulée dans deux villages (Matourkou et Samagan), situés à l'Ouest du Burkina Faso et distants l'un de l'autre d'environ 25 km. L'ensemble de ces deux villages présente un climat caractérisé par une saison sèche fraîche et chaude allant de novembre à avril et une saison humide allant de mai à fin octobre. Selon les données de la station de Recherche Environnementale et Agricole de Bobo-Dioulasso, la moyenne des précipitations annuelles au cours des dix dernières années est de 1060 ± 171 mm, la température moyenne annuelle de $27,2 \pm 0,4$ °C, l'humidité relative moyenne annuelle de $52,8 \pm 12,7\%$.
- **L'habitat et le matériel de travail:** les poulaillers étaient de type traditionnel sans hygiène, de dimensions réduites, où cohabitent poules, pintades et leurs petits, la densité pouvant atteindre 15 volailles adultes au m². La distribution d'aliments (termites, céréales, son de moulin, restes de cuisine, etc.) se faisait à même le sol. L'étude a porté sur les pintades de race locale élevées en aviculture extensive.

2. Méthodes

L'échantillonnage: l'étude a débuté dans le mois de mai 2006. Après des enquêtes préliminaires, deux villages, Matourkou et Samagan, ont été retenus selon les critères suivants: (i) la proximité par rapport à la ville de Bobo-Dioulasso afin de faciliter le suivi et diminuer les temps entre les prélèvements des fientes et leurs analyses; (ii) la présence d'au moins

trois éleveurs volontaires, disponibles et motivés; (iii) la facilité d'accès. Les lettres A et B ont été utilisées pour les codifier. Matourkou portait le code A, tandis que Samagan portait le code B. APi désignait l'éleveur de pintades du village A et BPi, l'éleveur de pintades du village B. Il a été retenu trois éleveurs par village, ayant chacun 27 à 30 pintades adultes dont 18 à 20 femelles. L'étude a porté sur un lot de 40 pintadeaux par éleveur, obtenu par couvaison naturelle d'une dinde.

Analyse parasitologique

L'examen quantitatif des échantillons de fientes a été réalisé par la technique de flottaison de Mac Master. Les références des livres utilisés à cet effet étaient de différents auteurs (6, 7, 15).

Identification et mesure des paramètres: dès leur sortie, les oisillons étaient répartis au hasard en deux groupes de 20 par éleveur; ils étaient ensuite identifiés par des bagues alaires et enfin pesés. Le premier groupe était soumis au traitement anthelminthique, tandis que le second groupe ne recevait aucun traitement anthelminthique. Le suivi pondéral était hebdomadaire. Tous les groupes de pintades ont été soumis à un protocole de vaccination (3^e semaine, 2^e mois et 6^e mois) contre la maladie de Newcastle avec le vaccin Ita-new. Le déparasitant interne utilisé était le « Vermifuge Polyvalent volailles » (VPV), comprimé anthelminthique vitaminé, composé de Niclosamide (160 mg), Lévamisol (s.f. Chlorhydrate) (40 mg) et la vitamine A (60 U.I.) (V.P.V., nd; Laboratoire LAPROVET) à raison d'un comprimé pour 2 kg de poids vif. C'est un anthelminthique actif contre les formes adultes des helminthes. Le premier traitement avait lieu à 15 jours d'âge avec un 1/8 du comprimé, le second à 60 jours avec 1/4 du comprimé et le troisième, 15 jours plus tard, ce dernier pour éliminer les parasites qui étaient auparavant au stade larvaire et qui avaient atteint leur stade adulte; le quatrième à trois mois avec 1/4 de comprimé et le cinquième à 6 mois d'âge avec 1/2 de comprimé. Les paramètres mesurés étaient la mortalité, la croissance pondérale, l'âge d'entrée à la reproduction, la production d'œufs, l'évolution pondérale des œufs. Un prélèvement aléatoire de fientes sur cinq pintades par groupe de 20 était réalisé chaque semaine et immédiatement acheminées au laboratoire pour examen. La prise des fientes concernait aussi bien les déparasitées que les non déparasitées. Les fientes étaient prises individuellement grâce à des cages en grillage conçues à cet effet. La pintade enfermée n'était libérée que si elle donnait des excréments.

- **Analyses statistiques:** les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance selon la procédure ANOVA (test de Fisher) avec le logiciel XLSTAT, version 2007.5 Copyright Addinsoft 1995-2007.

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Infestation parasitaire

Au total, 1.565 échantillons de fientes ont été prélevés soit environ 10 par pintade si l'on tient compte des mortalités. Six cent cinquante-six contenaient des parasites (41,9%). Dans ces 656 échantillons positifs, 692 parasites ont été identifiés. Ces échantillons provenaient essentiellement des pintades non déparasitées. Chez les pintades déparasitées, seuls les *Eimeria*, présents sous forme d'ookystes de coccidie, ont été retrouvés.

1.2. Prévalence des espèces de parasites

Le tableau 1 présente la prévalence des espèces de parasites consolidées pour les deux villages. Onze espèces de parasites ont été isolées dont 10 ont pu être classées. Ces 10 espèces étaient réparties sur les classes de nématodes, de cestodes, et de sporozoaires (genre *Eimeria*). Les espèces les plus

rencontrées sont par ordre d'importance, *Eimeria* spp., *Ascaridia* spp., *Hymenolepis carioca* et *Rallietina* spp.

1.3. Les types d'infestation

Le tableau 2 présente les types d'infestation chez la pintade. La forme simple est la plus représentée, suivie de la forme double et de la forme triple.

1.4. Le taux et le degré d'infestation

Les infestations ont été modérées sur le plan pathologique. La valeur moyenne des OPG est de 4.902 ± 652 pour toutes les espèces. Dans les formes d'infestation simple due à *Eimeria*, les OPG ont atteint 13.600. Pour les formes associées, doubles ou triples, la valeur moyenne des OPG est de 5.109 pour toutes les espèces parasitaires retrouvées.

Tableau 1
Prévalence des espèces de parasites sur les 656 échantillons positifs

Classe	Espèces isolées	Total	Pourcentage
Nématodes	<i>Ascaridia</i> spp.	155	22,40
	<i>Brachiloemus commutatus</i>	4	0,58
	<i>Capillaria</i> spp.	17	2,45
	<i>Hartertia gallinarum</i>	7	1,01
	<i>Strongyloides</i> spp.	48	6,93
	<i>Syngamus trachea</i>	8	1,15
Cestodes	<i>Cotugnia digonopora</i>	5	0,72
	<i>Hymenolepis carioca</i>	49	7,08
	<i>Rallietina</i> spp.	53	7,65
Sporozoaires	<i>Eimeria</i> (coccidie)	343	49,56
	Non identifiés	3	0,43
	Total parasite	692	100,00

Tableau 2
Types d'infestation chez la pintade

Types d'infestation	Total	Taux (%)
Forme simple <i>Ascaridia galli</i> ; <i>Capillaria</i> spp.; <i>Cotugnia digonopora</i> ; <i>Eimeria</i> spp.; <i>Hymenolepis carioca</i> ; <i>Rallietina</i> spp.; <i>Strongyloides</i> spp.	255	87,33
Forme double <i>Eimeria</i> spp./ <i>Ascaridia</i> spp.; <i>Eimeria</i> spp./ <i>capillaria</i> spp.; <i>Eimeria</i> spp./ <i>Hymenolepis carioca</i> ; <i>Eimeria</i> spp./ <i>Rallietina</i> spp.; <i>Ascaris galli</i> / <i>Strongyloides</i> spp.	22	7,53
Forme triple <i>Eimeria</i> spp./ <i>Ascaris</i> spp./ <i>Capillaria</i> spp.; <i>Eimeria</i> spp./ <i>Capillaria</i> spp./ <i>Rallietina</i> spp.; <i>Capillaria</i> spp./ <i>Hymenolepis carioca</i> / <i>Rallietina</i> spp.	15	5,14
Total	292	100

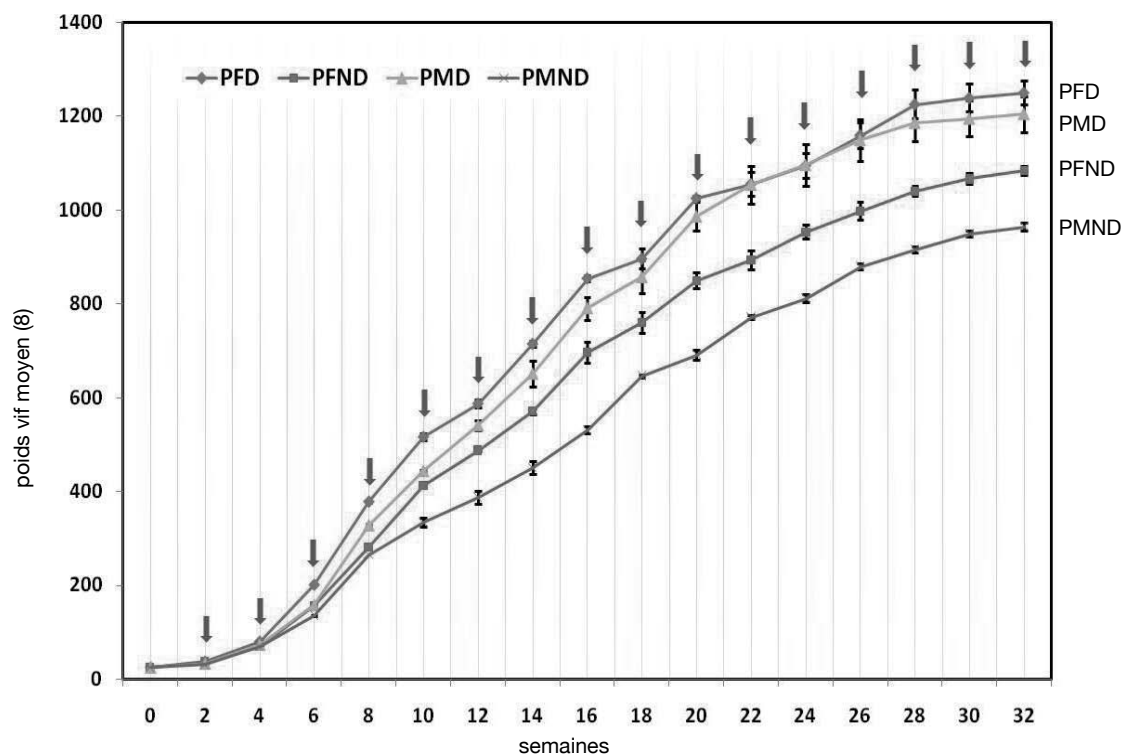


Figure 1: Evolution pondérale des pintades déparasitées et non déparasitées (les flèches indiquent que les différences de moyennes sont significatives)

0: (F= 1,398; P= 0,273); 2: (F= 10,056 ; P= 0,0003); 4: (F= 16,239; P < 0,0001); 6: (F= 144,084; P < 0,0001); 8: (F= 48,903; P < 0,0001); 10: (F= 60,006 ; P < 0,0001); 12: (F= 29,289 ; P < 0,0001); 14: (F= 44,533; P < 0,0001); 16: (F= 36,616; P < 0,0001); 18: (F= 35,812; P < 0,0001); 20: (F= 32,574; P < 0,0001); 22: (F= 25,708; P < 0,0001); 24: (F= 23,943; P < 0,0001); 26: (F= 27,994; P < 0,0001); 28: (F= 32,178; P < 0,0001); 30: (F= 30,040; P < 0,0001); 32: (F= 30,057; P < 0,0001).

1.5. Mortalité des pintades

Les taux moyens de mortalité sont de 20% (15% dans le village A et 25% dans le village B) sur les déparasitées et 33,05% (28,6 % dans le village A et 37,5% dans le village B) sur les non déparasitées. Les mortalités ont été enregistrées entre 0 et 8 semaines. Chez les pintadeaux déparasités, la prédation et les accidents ont été les causes principales des mortalités. Chez les non déparasités, en plus de ces deux facteurs, se sont ajoutées des maladies diarrhéiques.

1.6. Croissance pondérale

La figure 1 présente les courbes de l'évolution pondérale de l'ensemble des pintades déparasitées et non déparasitées du village A et du village B. Chez les mâles déparasités, le poids vif moyen (PVM) du pintadeau était de $24 \pm 1,2$ g à l'éclosion, 327 ± 7 g à la 8^e semaine, 791 ± 84 g à la 16^e semaine et 1205 ± 39 g à 32 semaines. Les performances étaient réduites si les oiseaux n'étaient pas déparasités. La différence des moyennes était significativement différente à partir de la 2^e semaine d'âge ($p < 0,0001$). Le poids à la consommation (700 g) était atteint à 15 semaines si les animaux étaient déparasités et 21 semaines s'ils ne l'étaient pas. En effet, le poids des déparasités était supérieur à celui des non déparasités à partir de la 2^e semaine. A la 32^e semaine, le poids des

non déparasités était de 965 ± 23 g soit 80% de celui des déparasités. L'effet du parasitisme était marqué à partir de la 8^e semaine.

Chez les femelles déparasitées, le poids à l'éclosion était également de $24 \pm 1,1$ g; 378 ± 28 g à la 8^e semaine, 855 ± 89 g à la 16^e semaine et 1251 ± 99 g à 32 semaines. Les performances étaient également réduites chez les femelles non déparasitées; la différence des PVM entre déparasitées et non déparasitées était statistiquement significative dès la 2^e semaine. L'effet néfaste du parasitisme a été observé dès la 2^e semaine.

Comme l'ont révélé les courbes, les femelles avaient montré toujours une supériorité pondérale par rapport aux mâles. A 32 semaines d'âge, chez les pintades déparasitées, le PVM du mâle était d'environ 96,3% de celui de la femelle. Chez les non déparasitées, le PVM du mâle était de 88,9% de celui de la femelle.

1.7. L'âge d'entrée à la reproduction

L'âge d'entrée à la reproduction n'avait pas été bien distingué chez les pintades mâles. Chez les pintades femelles, la 1^{ère} ponte était intervenue à $24 \pm 0,7$ et $26 \pm 0,9$ semaines respectivement dans les lots déparasités et non déparasités.

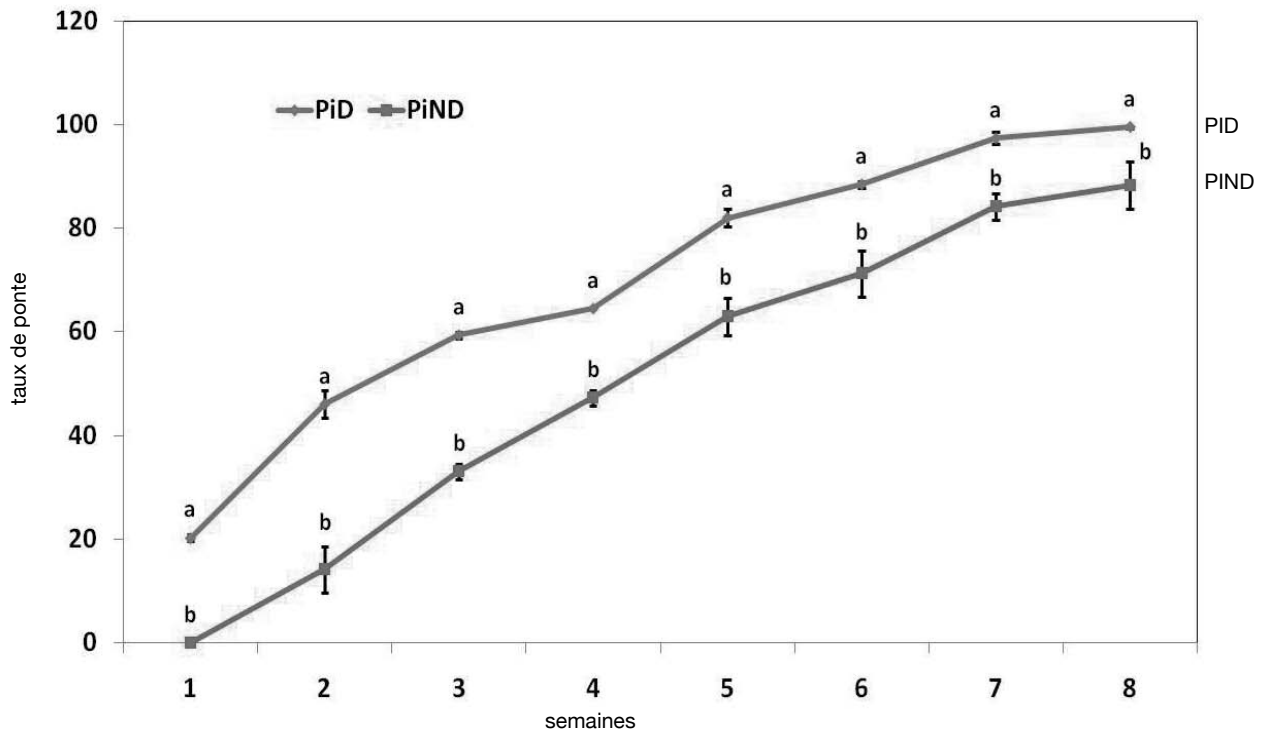


Figure 2 : Courbes de ponte des pintades déparasitées et non déparasitées.

1: (F= 1014,318; P < 0,0001); 2: (F= 37,265 ; P= 0,0001); 3: (F= 258,687; P < 0,0001); 4: (F= 124,277; P < 0,0001); 5: (F= 23,957; P= 0,001); 6: (F= 14,838 ; P= 0,003); 7: (F= 20,981; P= 0,001) ; 8: (F= 6,235; P= 0,032)

1.8. Ponte des pintades

La ponte chez les pintades a été suivie pendant 8 semaines, période ne couvrant pas tout le cycle de ponte des pintades. Dans chaque village les femelles déparasitées étaient les premières à démarrer la ponte.

La figure 2 présente les courbes de ponte des pintades déparasitées et non déparasitées de l'ensemble des deux villages. La ponte a démarré le 21/04/2006 dans le groupe des déparasitées; le taux de ponte était de 20,22% à la 1^{ère} semaine; 64,60% à la 4^e semaine et 99,67% à la 8^e semaine. Chez les non déparasitées, la ponte a démarré une semaine après le début de ponte des déparasitées et a été suivie durant 7 semaines; le taux de ponte était de 14,20% à leur 1^{ère} semaine de ponte, 63% à leur 4^e semaine et 88,35% à leur 7^e semaine. La différence des taux de ponte entre les deux groupes était statistiquement significative ($p < 0,00015$). De façon générale, le déparasitage a augmenté la durée de ponte en induisant une entrée en ponte plus précoce d'une semaine. Sur les 8 semaines de ponte, chaque femelle déparasitée et non déparasitée ont donné en moyenne 46,2 et 33,4 œufs respectivement.

1.9. L'évolution du poids des œufs

Dans l'ensemble des deux villages, les poids moyens des 1^{ers} œufs des pintades déparasitées étaient de $30,35 \pm 2$ g et de $43,15 \pm 5$ g pour les derniers; la moyenne de tous les œufs de la période des huit

semaines de ponte observées étant de $37 \pm 6,2$ g. Chez les pintades non déparasitées, les 1^{ers} œufs pesaient en moyenne $29,65 \pm 2$ g et les derniers $42,5 \pm 5$ g avec une moyenne pour l'ensemble des œufs de $36,15 \pm 6,5$.

Les poids moyens des œufs sont dans l'ensemble plus élevés chez les pintades déparasitées, mais les différences ne sont pas statistiquement significatives.

2. Discussion

2.1. Infestation parasitaire

Comme indiqué plus haut, en parasitologie seul un résultat positif n'a de sens. Le résultat négatif peut être interprété de plusieurs manières. En se basant sur nos examens, les infestations élevées sont dues aux coccidies. Elles constituent la majorité des infestations, soit 49% de nos résultats positifs. Mais cela ne signifie pas qu'une volaille qui en contient est malade. La couverture antiparasitaire d'une pintade demande 1,38 comprimé VPV qui coûte 82,8 FCFA (0,13 €) contre 105 FCFA (0,16 €) pour la couverture anti-Newcastle, soit un coût total de 187,8 FCFA (0,29 €) pour la couverture sanitaire. Les anticoccidiens existent malheureusement en poudre, conditionnés en sachet de 100 g pour des effectifs importants de volailles, difficilement utilisables par les paysans et de surcroît coûteux. La vente de la pintade intervient à 6-7 mois d'âge et rapporte en moyenne 1650 FCFA (2,5 €). Les dépenses d'alimentation sont insignifiantes puisque les pintades glanent l'essentiel de leurs

aliments dans la nature. Cela montre que l'utilisation du VPV est largement bénéficiaire. Des examens de coprologie réalisés dans la zone du Nord-Guéra au Tchad sur 324 fèces de poulet pendant la saison pluvieuse ont révélé 59% de parasites (12) contre 41,9% dans notre cas. Ils ont identifié treize espèces de parasites. Les valeurs des OPG ont dépassé 45 000 dans 26 échantillons. Ces 26 échantillons seuls soit 8% des examens ont été caractérisés comme fortes infestations. Que se soit le nombre de parasites, le pourcentage des échantillons positifs ou du degré d'infestation, ces valeurs sont nettement au-dessus de nos résultats. Les différences observées peuvent s'expliquer par la saison de l'étude. Il est évident que la saison pluvieuse constitue la période de prolifération des hôtes intermédiaires des cestodes. Elle correspond également à la période de réalisation du cycle biologique des helminthes.

Des cas d'association parasitaire au nombre de 28 ont été observés, avec *Eimeria spp.* qui est l'espèce la plus associée dans 75% (12). La raison possible de cette omniprésence de *Eimeria spp.* dans les fèces est la suivante: en milieu paysan, les espèces (poules, pintades et dindons) toutes parasitées par *Eimeria spp.*, cohabitent ensemble dans la basse-cour, disséminant partout les ookystes de coccidie qui les réinfestent; or dans ce monde paysan, aucune recette n'est encore connue pour lutter contre les protozoaires alors que la pharmacopée traditionnelle propose quelques recettes qui servent de vermifuge pour volailles (fruit macéré dans l'eau de boisson de *Cucurbita pepo*, de *Cucurbita maxima* ou de *Carica papaya*) (10). Nos lots d'expérience n'ont pas été soumis à cette pharmacopée traditionnelle et n'ont certainement pas subi l'influence des helminthes des autres volailles dans les basses-cours où ces recettes traditionnelles ont été utilisées.

2.2. Les mortalités

Le déparasitage a réduit les taux de mortalité. Chez les pintades déparasitées comme non déparasitées, les pertes ont été plutôt imputables aux prédateurs et aux vols en raison du manque de surveillance de ces élevages.

Les taux de mortalités des pintades enregistrés dans notre étude sont inférieurs à ceux rapportés par plusieurs études. Des taux de mortalité variant de 80 à 100% sur des élevages traditionnels de pintades ont été obtenus au Centre du Burkina Faso (2); des taux de mortalités variant de 50 à 100% sur des élevages traditionnels de pintades du Centre Ouest du pays ont été enregistrés (11).

2.3. La croissance pondérale

De façon générale, le déparasitage a amélioré les performances de croissance pondérale. Les performances inférieures observées chez les

pintades non déparasitées s'expliquent par le fait que le parasitisme interne intense réduit l'efficacité d'absorption et d'assimilation des nutriments.

Des valeurs moyennes variant de 18 g à 28,15 g ont été enregistrées sur des pintadeaux à l'éclosion (8); à huit semaines d'âge, le même auteur a enregistré sur des pintadeaux soumis aux mêmes conditions que nos groupes de pintades déparasitées 229,65 g.

2.4. L'âge d'entrée à la reproduction

C'est au niveau de l'âge d'entrée à la reproduction que la différence entre femelle déparasitée et femelle non déparasitée a été statistiquement significative (24 semaines v 26 semaines). Dans un élevage en claustration, l'âge de ponte du 1^{er} œuf a été de 31,3 semaines chez les pintades déparasitées contre 36,4 semaines chez les non déparasitées (9). En Tanzanie, l'âge moyen à la 1^{ère} ponte est de $9,1 \pm 1,5$ mois (1).

2.5. La production des œufs

Pour des raisons imputables aux éleveurs, la ponte n'a été enregistrée que sur huit semaines. L'effet du déparasitage est très marqué puisque la femelle déparasitée a obtenu en moyenne 46,2 œufs et que les non déparasités n'ont obtenu que 33,4 œufs. Dans une saison de ponte, la pintade déparasitée donne en moyenne 60,3 œufs contre 34,3 œufs pour les pintades non déparasitées (9). En Tanzanie, le nombre moyen d'œufs pondus/pintade/an est de 125 (1).

Concernant le poids des œufs, les pintades étant à leur 1^{ère} ponte, ont démarré par des œufs appelés généralement petits œufs. Si fait que les moyennes des 1^{ers} œufs présentent des valeurs faibles, bien que les poids moyens des œufs des pintades déparasitées soient légèrement meilleurs à ceux des pintades déparasitées. Des pintades élevées en claustration et déparasitées ont donné un poids moyen de $35,4 \pm 1,6$ g tandis que les non déparasitées donnaient un poids moyen de $35,2 \pm 1,4$ g (9). En Tanzanie, le poids moyen des œufs de pintades élevées dans des conditions villageoises est de 43,03 g.

Conclusion

Le travail a permis de mettre en évidence les différentes espèces de parasites qui infestent les pintades en élevage traditionnel dans la zone de Bobo-Dioulasso et d'étudier les effets des helminthes sur leur productivité. Ainsi, *Eimeria spp.* et *Ascaridia spp.* sont les espèces de parasites omniprésentes sur les élevages traditionnels de pintades. L'utilisation du Vermifuge Polyvalent Volaille (VPV), anthelminthique actif contre les formes adultes des helminthes, a permis d'améliorer significativement les paramètres de production (mortalité, croissance) et de reproduction (l'âge de la maturité sexuelle et le nombre d'œufs pondus) des lots de pintades élevés traditionnellement. Par ailleurs, les calculs montrent

que l'utilisation du VPV est nettement rentable. L'espèce *Eimeria spp.*, omniprésente sur tous les lots de pintades, déparasités et non déparasités mériterait qu'on lui engage une lutte à travers des anticoccidiens

dosés individuellement, présentés sous forme de comprimé sécable comme le VPV, moins coûteux et facile à utiliser en milieu villageois.

Références bibliographiques

1. Aboud A.A.O. & Kashindy F.P., 2002, Productivity of the Guinea Fowl (*Numida meleagris*) under village conditions in Tanzania. Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr. 50, 31-40.
2. Bessin R., Belem A.M.G., Boussini H., Compaoré Z., Kaboret Y. & Dembélé M.A., 1998, Enquête sur les causes de mortalité des pintades au Burkina Faso. Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux, 51,1, 87-93.
3. Bonfoh B., Ankers P., Pfister K., Pangui L.J. & Toguebaye B.S., 2000, Répertoire de quelques contraintes de l'aviculture villageoise en Gambie et proposition de solution pour amélioration, In: EB Sonaiya (ed.). Issues in family poultry research and development. Proceedings of International Workshop held Dec. 9-13, 1997 at Mbour, Sénégal, 204 p.
4. Courtecuisse C., Japiot T., Bloch N. & Diallo I., 1990, Enquête sérologique sur les maladies de Newcastle et de Gumboro, la pasteurellose et la pullorose chez les poulets de race locale au Niger. Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux, 43, 1, 27-29.
5. Dayon J.F. & Maizama D.G., 2003, Études agrostologiques, sociologiques et sur les pathologies aviaires. Rapport provisoire, Volet pathologies aviaires. Projet d'Appui au Développement Rural (PADER) Dosso, Niger, 55 p.
6. Didier V., 2001, Maladies des volailles. 2^e édition. Editions France Agricole, 399 p.
7. Euzeby, 1966. Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tome II, Maladies dues aux plathelminthes. Fascicule premier: Cestodoses, 663 p.
8. Hien O.C., 1999, Lutte intégrée contre la mortalité des pintadeaux au Centre Ouest du Burkina Faso. Diplôme d'Etude Approfondies (DEA) UO/FST; Ouagadougou, 54 p.
9. Hien O.C., 2002, Effets de l'amélioration des conditions sanitaires sur le développement testiculaire, la LH et la ponte de la pintade locale du Burkina Faso. Thèse unique, UO/UFR/SVT, 126 p.
10. Hien O.C., Nianogo A., Sawadogo L., 2001, L'élevage traditionnel de la pintade locale dans la zone centre-ouest du Burkina, 2001. Science et technique, sciences naturelles et agronomie, vol. 25, 2, 25-31.
11. Hien O.C., Nianogo A., Wèrème A., Sawadogo L., 2000, Perspectives de lutte contre la mortalité des pintadeaux dans le Centre Ouest du Burkina Faso. Science et technique, sciences naturelles et agronomie, Vol. 2, 2, 57-67.
12. Maho A., Youssouf K., Mbeunodji L., Saboune M. & Mopate L.Y., 1999, Prévalence des parasitoses digestives des poulets locaux (*Gallus gallus*) au Nord-Guéra, Tchad. Bulletin RIDAF, Vol. 9, 1, 5-9.
13. Mourad M., Bah A.S. & Gbanamou G., 1997, Évaluation de la productivité et de la mortalité de la poule locale sur le plateau du Sankaran, Faranah en Guinée 1993-1994. Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux, 50, 4, 343-349.
14. MRA, 2004, Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel. Résultats et analyses. Ouagadougou, Burkina Faso, 84 p.
15. Troncy P.M., Itard J., Morel P.C., 1981, Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Manuels et précis d'élevage 10. IEMVT, 717 p.

O.C. Hien, Burkinabé, Doctorat, Chargé de Recherche en Biologie et Physiologie Animales, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest-Unité Universitaire de Bobo-Dioulasso (UCAO-UUB), Burkina Faso.

C.L. Ouedraogo, Burkinabé, Doctorat, Directeur du Programme des Animaux villageois (PDAV), Ouagadougou, Burkina Faso.

B. Diarra, Burkinabé, Doctorat, Assistant en Zootechnie et Nutrition Animale, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso.

B. Traoré, Burkinabé, Ingénieur d'élevage, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

L. Sawadogo, Burkinabé, Doctorat, Professeur en Biologie et Physiologie Animales, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Development Cooperation 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 Cameroon and Bolivia awarded in 2007 are presented below.

Morphological Characterization and Sensitivity of Four Strains of *Aspergillus niger* to Three Cameroonian Essential Oils

Thierry Elvis Djonkack*

The people of Cameroon are faced with the problem that their maize and peanut harvests are contaminated by pathogenic *Aspergillus niger* fungi, also called black rot. This contamination causes loss of harvest and the production of mycotoxins, which are harmful to health.

The toxicity of the synthetic fungicides used to combat the scourge and its costs, which are exorbitant for small producers, has led to this study. It puts forward an alternative that is adapted to the local conditions, including a sustainable development aspect, making use of available resources at minimal cost, which would also lead to a return to the traditional cultivation of essential oil plants.

The study of Mr Thierry Elvis Djonkack firstly provides an in-depth understanding of the pathogenic agent through the characterization of the morphological variability of different *Aspergillus niger* strains on the basis of the substratum (maize, peanuts, ...) and the agro-ecological area. Secondly, the essential oils of *Ocimum gratissimum*, *Thymus vulgaris* and *Cymbopogon citratus* have been isolated and their effects measured with the sensitivity of the strains, based on growth inhibition.

The results lead to two initial conclusions. The characterization of the pathogenic agent is vital and the use of essential oils is a promising avenue for research into an alternative to synthetic fungicides.

This post-graduate dissertation is a very good example of transdisciplinary study including both the need for chemical research into essential oils and microbiological research into the identification of pathogenic agents in order to enhance the status of natural vegetable resources within the framework of sustainable development.

Elevated Cadmium Concentrations in Potato Tubers Due to Irrigation with River Water Contaminated by Mining in Potosí, Bolivia

Carla Oporto**

This paper focuses on a real problem in a mining area in Bolivia where farming land has been irrigated with contaminated water since approximately 1920. It informs on the exposure of farmers working in this mining area, and in similar areas in other countries, to contamination with heavy metals contained in the ground and in the irrigation water. It provides information especially on the different concentrations of metals in farming soil and in the farming products harvested on these contaminated sites. The study analyses different factors that contribute to the bio-availability of heavy metals that can be absorbed by plants. The latter constitute a risk in the human and animal food-chain. The study reveals that the levels of heavy metals (here cadmium: Cd) contained in farming products (in this case potatoes) are very high compared with the levels observed in other countries (Australia, Sweden, Norway, Poland, Belgium, etc.). On the basis of these results, the populations living in proximity of these Bolivian mining areas, and others, can be made aware of the dangers of direct and indirect toxicity of heavy metals. This will reduce the loss of human and animal lives in the mining areas where soils are often contaminated. The results show that it is imperative that farming products harvested from the land contaminated with heavy metals are analyzed, this in accordance with European and international standards for heavy metal levels that are highly toxic to humans and animals.

The technical scientific value of this paper and its impact in the sphere of environmental conservation in relation to contamination from heavy metals are clear. The fact that the concentrations of heavy metals (in this case Cadmium: Cd) observed on the experimental site exceed the standards recommended by the World Health Organization (WHO) should make the local people aware of the potential dangers (direct and indirect toxicity) of heavy metals in the food-chain. Similar studies may enable the competent authorities to draw up maps of contaminated farming land, in order to allow the local farming population to work in a sustainable way. These measures will enable the local population to avoid certain illnesses such as *itai itai*, which is caused by very high cadmium levels.

This paper is of high scientific value. The experimental protocols, the way the experiments have been carried out, the data collection, the chemical and paedological analyses, the analyses of plants, soil and soil solutions, and irrigation water, etc. as well as the way the statistical data is treated are all in strict accordance with international scientific standards. The study is also being continued within the framework of a doctoral thesis at the Katholieke Universiteit Leuven. The results are very useful to the scientific world and in particular to environmental conservation and human and animal health. The results will be able to be used both in the mining areas in the South (South Africa, Democratic Republic of the Congo, Angola, etc.) and in the North.

*Thierry Elvis Djonkack, 1976, Cameroonian, Master of Biochemistry, 2003. DEA in Biochemistry, 2006. Université de Yaoundé I, Cameroon. djonkack@yahoo.fr
(report: Prof. emeritus P. Van Brandt, School of Pharmacy, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium).

**Carla Oporto, 1970, Bolivian, Master of Environmental Sciences, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, 2000. carlaoport@gmail.com
(report: Dr L. Longanza Baboy, Laboratory of Systematic Botany and Phytosociology, Université Libre de Bruxelles, Belgium and the Faculty of Agronomic Sciences, Université de Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo).

ORGANISATIE

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

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijk en informatief tijdschrift "Tropicultura" dat gewijd is aan de plattelandsproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.O.S.), Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelings- samenwerking en met de steun van de Regio Brussel. Ze geniet de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen

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

Raad van Beheer

De raad van beheer van de vzw Agri-Overseas is samengesteld uit Professor Dr J. Vercruysse, Voorzitter; Professor Dr Ir. G. Mergeai, Afgevaardigde Beheerder; Dr E. Thys, Secretaris; Professor Dr B. Losson, schatbewaarder; Dr S. Geerts, Lid en Ere-Professor Dr Ir. J. Hardouin, Lid.

Redactiecomité

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

Redactiesekretariaat

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

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Sekretariaat

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

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

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

De manuscripten moeten origineel zijn en mogen niet reeds voorgelegd zijn geweest of gelijktijdig voorgelegd worden voor publicatie. Ze mogen in één van de vier volgende talen geschreven worden: Engels, Spaans, Frans en Nederlands.
De manuscripten moeten in drie papieren exemplaren per post aan de hoofdredacteur gericht worden ofwel rechtstreeks per e-mail naar het Sekretariaat verzonden in de vorm van toegevoegde bestanden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N° 3

Four issues a year (July, August, September)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Cassava Market Participation Decisions of Producing Households in Africa (*in English*)
A.A. Enete & E.M. Igbokwe 129
- Evaluation of the Insecticidal Effect of Leaves from *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) against a Major Bean Pest: *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae) (*in French*)
Agnès Flore Ndomo, A.L. Tapondjou, F. Tendonkeng & Félicité Mbiopo Tchouanguép 137
- Agricultura Use of Aquatic Plants, mainly as Soil Amendment, in the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. 1. Inventory, Abundance and Chemical Characterization of Collected Plants (*in French*)
P.-Y. Ancion, Hoang Thi Thai Hoa, Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & J.E. Dufey 144
- Survey Compared of the Fishing of Minor Tuna by the Double Dragnets and the Dugouts in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of the Ivory Coast (*in French*)
Constance Diaha N'Guessan, K. N'Da & K.D. Kouassi 152
- Plant Secondary Metabolites in some Medicinal Plants of Mongolia Used for Enhancing Animal Health and Production (*in English*)
H.P.S. Makkar, T. Norvsambuu, S. Lkhagvatseren & K. Becker 159
- Growth Study in Pots of Various Plants Species on Substrates Enriched by Termite Mounds *Cubitermes* (*in French*)
J.A. Mokossesse, M. Lepage & G. Josens 168
- On-Farm Storages Participatory Evaluation and Validation of the Capability of Native Botanicals for Control of Bean Bruchids (*Acanthoscelides obtectus* L., Coleoptera: Bruchidae) in South-Kivu Province, Eastern of Democratic Republic of Congo (*in English*)
T.M.B. Munyuli 174
- Effect of Endoparasitism on the Local Production of Guinea Fowl in Burkina Faso (*in French*)
O.C. Hien, C.L. Ouedraogo, B. Diarra & B. Traoré..... 184
- DGDC 'S ACTIVITIES 191

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

