

TROPICULTURA

2012 Vol. 30 N°3

Trimestriel (July, Augustus, September)
Driemaandelijks (juli- augustus- september)
Trimestral (julio- agosto- septiembre)



Elevage intensif de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes sur le fleuve Mékong au Vietnam. J. -C. Micha, 2003.

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

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

Met de steun van
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (DGD), www.dg-d.be, de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken,
Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, www.diplomatie.belgium.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be, de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française
de Belgique (CIUF)", www.ciuf.be,
de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR), www.vlir.be, en van het Brussels Gewest

BUREAU DE DEPOT- AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X/ BRUSSEL X



Avec le soutien de
LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT **.be**

Met de steun van
DE BELGISCHE
ONTWIKKELINGSSAMENWERKING **.be**

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX / OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Starter N and P Fertilizers Have Dissimilar Effects on Native Mycorrhizal and <i>Bradyrhizobial</i> Symbiosis of Four Promiscuous Soybean Varieties in Acid Soils of Cameroon Les engrais azoté et phosphaté de démarrage ont des effets dissimilaires sur les champignons indigènes mycorhiziens et les souches de <i>Bradyrhizobium</i> de quatre variétés de soja sur sols acides du Cameroun De start N en P meststoffen hebben ongelijke gevolgen op inheemse de Mycorrhizal en <i>Bradyrhizobial</i> symbiose van vier gemengde sojaboonvariëteiten in de zure gronden van Kameroen Los fertilizantes nitrogenados y fosfato de arranque tienen unos efectos disimilares en los hongos micorrizas y los tocones de <i>Bradyrhizobium</i> indígenas en los suelos ácidos de Camerún N.A. Onguene, C.S.O. Onana & L.G.O. Onana	125
Floral and Seed Variability Patterns among Ethiopian Mustard (<i>B. carinata</i> A. Braun) of East Africa Variabilité florale et de semence modèle parmi la moutarde éthiopienne (<i>B. carinata</i> A. Braun) d'Afrique de l'Est Bloem en zaad variabiliteit tussen Ethiopische mosterdsoorten (<i>B. carinata</i> A Braun) van Oost Afrika Variabilidad floral y de semilla modelo entre la mostaza etiope (<i>B. carinata</i> A. Braun) de África Oriental O.T. Adeniji & Agatha A. Aloyce	133
Prevalence of Trypanosome Infections in Cattle and Sheep in the Benin's West Atacora Agro-Ecological Zone Prévalence des infections trypanosomiennes des bovins et des ovins dans la zone agro-écologique ouest-Atacora au Bénin Prevalentie van trypanosoom infecties bij rundvee en schapen in het agro-ecologische gebied van West Atacora in Benin Prevalencia de las infecciones por tripanosomas de los bovinos y los ovinos en la zona agroecológica oeste de Atacora en Benín S. Farougou, S. Doko Allou, I. Sankamaho & V. Codjia	141
Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes Technisch-economische prestaties van maïs/niebe en maïs/mucuna combinaties in reële kweekcondities in Burkina Faso: potentieel en beperkingen Rendimiento técnico-económico de las asociaciones maíz/frijol cabecita negra y maíz/mucuna en situación real de cultivación en Burkina Faso: potenciales y forzadas K. Coulibaly, E. Vall, P. Autfray & P.M. Sedogo	147
Promoting the Adoption of Innovations through Participatory Approaches: Example from Northern Nigeria Approche participative pour la promotion de l'adoption des innovations: cas du nord du Nigeria Participatieve aanpak om de adoptie van innovaties te promoten: voorbeeld uit het noorden van Nigeria Aproximación participativa para la promoción de la adopción de las innovaciones: caso del norte de Nigeria T. Abdoulaye, P.S. Amaza, A.S. Olanrewaju & J. Ellis-Jones	155
Performances zootechniques de lapereaux recevant des aliments granulés contenant du <i>Pueraria phaseoloides</i> Zoötechnische prestaties van jonge konijnen gevoed met korrelvoeder die <i>Pueraria phaseoloides</i> bevat Rendimientos zootécnicos de gazapos que reciben alimentos granulados conteniendo <i>Pueraria phaseoloides</i> A. Akoutey & M. Kpodekon	161
Principales helminthoses des bovins: enquête épidémiologique au niveau de deux abattoirs de la région d'El Tarf (Algérie) Belangrijkste helminthiasen van het vee: epidemiologisch onderzoek op het niveau van twee slachthuizen in de regio van El-Tarf (Algerije) Principales helmintiasis de los bovinos: encuesta epidemiológica al nivel de dos mataderos de la región de El Tarf (Argelia) M. Boucheikhchoukh, Souad Righi, Scherzad Sedraoui, A. Mekroud & A. Benakhla	167
La pêche des poissons <i>Mugilidae</i> dans la lagune de Grand-lahou (Côte d'Ivoire): analyse de l'organisation de la pêche, des captures et de l'effort de pêche Het vissen van <i>Mugilidae</i> vis in de Grand-lahou lagune (Ivoorkust): analyse van de organisatie van de visserij, de vangst en de verrichtingen in de visserij La pesca de los peces <i>Mugilidae</i> en la laguna de Grand Lahou (Costa de Marfil): análisis de la organización de la pesca, de las capturas y del esfuerzo de la pesca M. Diaby, K. N'Da & K.S. Konan	173
Farmer's Perception and Adoption of New Aquaculture Technologies in the Western Highlands of Cameroon Perceptions paysannes et adoption de l'innovation piscicole dans la région montagneuse de l'Ouest Cameroun Perceptie van de landbouwers en aanvaarding van nieuwe visteelt technologieën in de bergachtige regio van West Kameroen Percepciones campesinas y la adopción de la innovación piscícola en la región montañosa de Camerún del oeste D. Njankoua Wandji, V. Pouomogne, J. Nyemeck Binam & R. Yossa Nouaga	180
Farmer's Knowledge of Horticultural Traits and Participatory Selection of African Eggplant Varieties (<i>Solanum aethiopicum</i>) in Tanzania La connaissance des fermiers en horticulture et la sélection participative des variétés d'aubergine africaines (<i>Solanum aethiopicum</i>) en Tanzanie Kennis van de landbouwers met betrekking tot tuinbouw en participatieve selectie van Afrikaanse variëteiten van aubergine (<i>Solanum aethiopicum</i>) in Tanzania El conocimiento de los agricultores en horticultura y la selección participativa de las variedades de berenjena africanas (<i>Solanum aethiopicum</i>) en Tanzania O.T. Adeniji & Agathe Aloyce	185
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA	192

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

Starter N and P Fertilizers Have Dissimilar Effects on Native Mycorrhizal and *Bradyrhizobial* Symbiosis of Four Promiscuous Soybean Varieties in Acid Soils of Cameroon

N.A. Onguene^{1*}, C.S.O. Onana² & L.G.O. Onana¹

Keywords: Mycorrhizal fungi- *Bradyrhizobia*- Nodulation- Fertilization- Soybean- Cameroon

Summary

Influence of starter nitrogen (N) and phosphorus (P) applications on mycorrhizal colonization and nodulation of soybean (Glycine max (L.) Merrill) was investigated at two sites of humid forest margins of Cameroon. Four soybean varieties, TGX 1838-5E (var1), TGX 1879-7E (var2), TGX 1828-4E (var5) and TGX 1805-13F (var6), were grown for four months in fields from different fallow ages, in a factorial combination of 30 kg N.ha⁻¹ and 30 kg P.ha⁻¹, with five replicates, in a randomized complete block design. Soil acidity varied strongly with site, being 5.9 and 4.5, at Nkometou and Mengomo, respectively. Fractional mycorrhizal colonization (FMC) was not affected by soil pH. FMC significantly varied among fields between 20% and 40%, was significantly reduced by P fertilization while effect of N amendment was contrasted. Nodulation was strongly influenced by soil pH: high nodulation in Nkometou but extremely low in Mengomo. In Nkometou, early maturing soybean varieties (var2 and var5) yielded higher nodule number and mass than late-maturing ones (var1 and var6). Var2 exported the highest biological N and var6 the lowest. Plant P uptake only differed among fields. Nodulation and grain yield did not respond to the fertilizer rates. Negative, highly significant correlations were established between nodule number and mass ($r = -0.726$; $p < 0.0001$; $n = 68$), between nodule number and FMC ($r = -0.682$; $p < 0.0001$; $n = 68$). However, a positive and highly significant correlation was obtained between FMC and nodule mass ($r = 0.976$; $p < 0.0001$; $n = 68$). Such biological reactions to fertilization could be attributed to effective indigenous arbuscular mycorrhizal fungi and bradyrhizobia.

Résumé

Les engrais azoté et phosphaté de démarrage ont des effets dissimilaires sur les champignons mycorrhiziens et les souches de *Bradyrhizobium* indigènes sur sols acides du Cameroun

L'influence d'applications d'engrais azoté et phosphaté de démarrage sur la colonisation mycorrhizienne et la nodulation de soja (Glycine max (L.) Merrill) a été investiguée dans deux sites des marges de forêt humide. Quatre variétés de soja, TGX 1838-5E (var1), TGX 1879-7E (var2), TGX 1828-4E (var5) and TGX 1805-13F (var6), ont été cultivées pendant quatre mois dans les champs d'âges différents, dans une combinaison factorielle de 30 kg N.ha⁻¹ et 30 kg P.ha⁻¹, avec cinq répétitions, dans un dispositif en bloc complètement randomisé. L'acidité des sols diffère fortement suivant le site, soit respectivement 5,9 et 4,5 à Nkometou et Mengomo. Le taux de colonisation mycorrhizienne (TCM) n'a pas été affecté par le pH. Le TCM a significativement varié entre les champs entre 20 et 40%, a significativement été réduit par la fertilisation phosphatée alors que l'effet de l'amendement azoté a été contrasté. La nodulation a été fortement influencée par le pH: forte nodulation à Nkometou et extrêmement faible nodulation à Mengomo. A Nkometou, les variétés précoces de soja (var2 et var5) ont produit un plus grand nombre et une forte masse de nodules que les variétés tardives (var1 et var6). La variété précoce Var2 a exporté le plus d'azote biologique et la Var6 le moins. L'absorption de P par la plante a différé seulement entre les champs. La nodulation et le rendement en grain n'ont pas varié suivant le taux de fertilisation. Des corrélations fortement significativement et négatives ont été établies entre le nombre et la masse de nodules ($r = -0.726$; $p < 0.0001$; $n = 68$), entre le nombre de nodules et le TCM ($r = -$

¹Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Regional Center of Nkolbisson P.O. Box 2067, Yaoundé, Cameroon. Tel. +237-22-23-31-05; Fax: +237-22-23-35-38

²University of Dschang, Faculty of agronomy and agricultural sciences, Cameroon.

³International Institute of Tropical Agriculture, Humid Forest Station, Kampala, Uganda.

*Corresponding author: Email: nereeo678@yahoo.fr

Received on 05.08.11 and accepted for publication on 12.04.12.

0.682; $p < 0.0001$; $n = 68$). Cependant, une corrélation fortement significative et positive a été obtenue entre le TCM et la masse de nodules ($r = 0.976$; $p < 0.0001$; $n = 68$). De telles réactions à la fertilisation pourraient être attribuées aux symbiontes indigènes de champignons mycorrhiziens arbusculaires et de Bradyrhizobium.

Introduction

Annually, grain legumes cultivated worldwide on about 1.5 million km² of land per year (9) fix about 44 – 66 million tons of biological nitrogen in symbiosis with *rhizobia* and *bradyrhizobia*, providing almost half of all nitrogen used in agriculture (2). Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), the largest oilseed crop worldwide accounting for more than 50% of the world oilseeds production, is one of the most important legume plants owing to its high protein and oil contents for human, poultry and swine consumption, sometimes up to 40% (22). It has also been used as a source for bio-diesel fuels (13). Worldwide soybean production is estimated at 211 million metric ton per year with only 2% from Africa.

Attempts to introduce improved soybean varieties in humid forests of West and Central Africa have been tempered by low yields (26). Due to the inherently low fertile acid soils, soybean plants often show nitrogen (N) and phosphate (P) deficiency symptoms during

early growth stages, thereby, suggesting that starter N and/or P fertilization may improve soybean yields in humid forests (4). However, applications of N and P fertilizers to improve soybean productivity have resulted in varying and contradictory results (14, 27). Soybean varieties are symbiotically promiscuous with native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and indigenous soil bradyrhizobia (1). Association with *Bradyrhizobia* provides biologically converted atmospheric nitrogen in nodules, while AMF, by improving soybean scavenging roots' ability, supplies the much needed and scarce P for energy required for biological N₂ fixation. Consequently, mycorrhizal and effectively nodulating soybean plants could better establish on acid poor-nutrient soils that prevail in the tropics without fertilization.

However, chemical soil conditions may have various effects on symbiotic activities. In general, low pH reduces nodulation while having a fluctuating effect

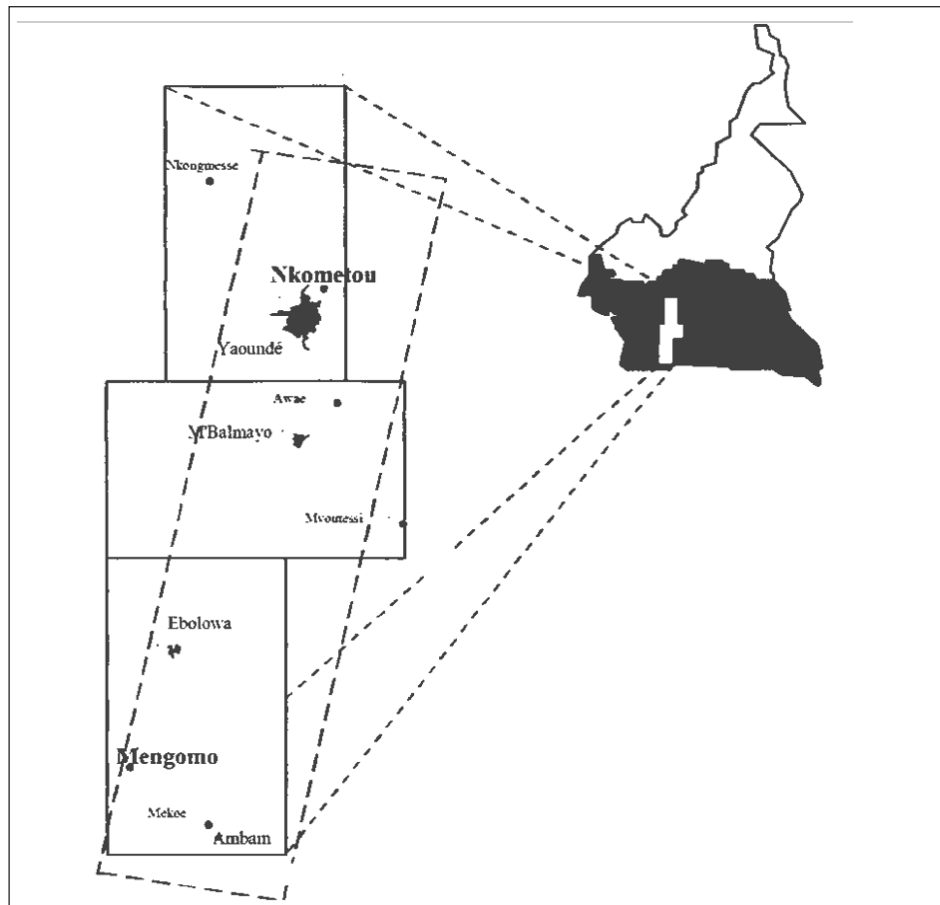


Figure 1: Localization of IITA benchmark and both experimental sites.

on mycorrhization (17). High N levels (> 1mM) also drastically decrease nodulation and nitrogenase activity (16). Many nitrogenous fertilizers have also been reported to reduce mycorrhizal colonization (10, 32). Interactions between N and P fertilizers also exist with a more marked effect of P in N-sufficient plants than in N-deficient ones (6). Hampered mycorrhizal colonization by high P fertilization may vary with host species, mycorrhizal fungal strains and environmental factors (25). Following these inconsistent results, therefore, the introduction of exotic soybean varieties in humid forests requires an initial assessment of the effects of fertilization on symbiotic activities of native symbionts. Thus, the productivity of introduced promiscuous soybean varieties could depend both on residual soil N and P contents and on persistence of efficient symbionts in the humid forest sites. The objective of this study was to assess the effect of starter N and P fertilizers on bradyrhizobial and mycorrhizal fungal symbiotic activities and productivity of four promiscuous varieties of *Glycine max* grown in two soils with contrasted acidity in the Center region of Cameroon (Figure 1).

Material and methods

Study areas

The study was carried out at two benchmark sites of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Nkometou and Mengomo. Elevation, rainfall, soil types and chemical characteristics are shown in table 1. Nkometou (3°52'N; 11°26'E), located 35 km north of Yaounde (3°42'N; 12°67'E), is a densely populated rural area of high agricultural intensity; fallowing dominated by the exotic weed *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson (Asteraceae) has been greatly shortened. In contrast, Mengomo (2°35'N; 11°03'E), situated 165 km south of Ebolowa (2°56'N; 11°21'E) and 305 km from Yaounde, is a sparsely populated rural area with still large tracts of intact evergreen forest. The climate is equatorial of the Guinean type with two distinct wet seasons, culminating in May and October.

Plant materials

Four varieties of soybean provided by IITA Humid forest station, Mbalmayo, Cameroon, were used, viz. TGX 1838-5E (var1), TGX 1879-7E (var2), TGX 1828-4E (var5) and TGX 1805-13F (var6). Var2 and var5 were early maturing; var1 and var6 were late maturing.

Experimental design

At each site, differently aged fallows of *C. odorata* (1 to 3 years) were randomly selected. In Mengomo, it fluctuates from 3 to 6 years, in addition to 16 years old young secondary forests. Selected experimental field plots were 16 m by 28 m large and divided into 8 m by 3.5 m plots and set up in a 4 x 2 x 2 factorial combination in a RCMD with five replicates.

Planting and harvesting

Seeds (250,000 plants. ha⁻¹ density) were sown at the onset of the small rainy season (mid-march 2008), simultaneously with surface application of triple superphosphate, in 4 cm depth at 4 cm bands, away from the planting line. Two weeks later, urea was similarly surface applied. Manual weeding was performed 30 and 59 days after sowing before flowering and harvesting four months later. Soybean plants with intact nodules were harvested per plot (2.5 m by 7 m) cleaned root systems with nodules and whole plants oven-dried at 70 °C for a week before separated weighing.

Root staining and assessment of mycorrhizal colonization

Five mature soybean plants with profuse whitish roots were randomly uprooted from the harvesting area. About 2.5 g portions of fine roots were collected per plant. 0.5 g portions of root samples were stained with fuchsin acid in lactic acid and destained (25), followed by microscopic assessment. Fractional mycorrhizal colonization (FMC) was assessed by the gridline intersect method under a dissecting microscope at 40x (11).

Soil sampling and plant analyses

Before applying fertilizers to the experimental plots, ten core soil samples (0 – 20 cm) were collected for chemical analysis. N and P were assessed after ash-drying followed by colorimetric techniques (3).

Statistical analyses

Data were analyzed in SAS release version 6 (29) using the General linear model procedure after separation of both sites, checking for normal distribution followed by arc sin square transformation for FMC, square root transformation for nodule number and mass were and log transformation for grain yield. Data of nodule number and mass of Mengomo had too many zeroes and were analyzed by the Kruskal-Wallis non parametric test. Means of dependent variables were

Table 1
Elevation, rainfall, soil types and chemical characteristics of soils (0 – 20 cm) in studied sites

Localities	Nkometou	Mengomo
Elevation (m.a.s.l)	596	620
Rainfall (m)	1643	1820
Clay types	very fine clayey	clayey
Soil types	Kandiudult	Kandiudox
pH (water)	5.98	4.54
Carbon (%)	1.50	1.10
Nitrogen (%)	0.127	0.0914
C/N	11.8	12.0
Available P (ppm)	8.14	6.77
Ca (cmol.kg ⁻¹)	2.69	0.680
Mg (cmol.kg ⁻¹)	0.712	0.238
K (cmol.kg ⁻¹)	0.084	0.102
Al (cmol.kg ⁻¹)	0.044	1.24

Note: Available P by the Mellich-III method.

Table 2

General linear model of arc sin square root transformed fractional mycorrhizal colonization (FMC) of soybean roots, square root nodule number (Nn) and square root mass (Nm), log grain yield (kg/ha), shoot N and P uptake (mg/plant) in Nkometou as influenced by fields, variety and fertilization (Probabilities values only)

Sources	FMC	Nn	Nm	Grain yield	Plant N	Plant P
Field	0.002**	0.918ns	0.289ns	0.121ns	0.0839ns	0.0026**
Variety	0.124ns	0.030*	0.017*	0.757ns	0.0047**	0.254ns
Fertilization	0.027*	0.643ns	0.565ns	0.664ns	0.787ns	0.856ns
Field by variety	0.521ns	0.610ns	0.560ns	0.939ns	0.166ns	0.968ns
Field by fertilization	0.829ns	0.869ns	0.961ns	0.401ns	0.492ns	0.967ns
Variety by fertilization	0.829ns	0.995ns	0.950ns	0.999ns	0.479ns	0.993ns
Field by variety by fertilization	0.819ns	0.994ns	0.982ns	0.714ns	0.885ns	0.998ns

separated by Duncan's multiple range tests and Pearson's rank correlation coefficients calculated between them.

Results

Both sites considerably varied in soil pH and nutrient status. Mengomo' soils were strongly acidic, lower in N, Ca and had higher exchangeable Al than Nkometou' soils which were nearly neutral. Available P was equally very low at both sites (Table 1).

All soybean roots were mycorrhizal by native AM fungi, in the range 20 – 40%. They were colonized by oval to rectangular vesicles with straight or tortuous internal hyphae; non-septate external hyphae were

also abundant without auxiliary bodies. Arbuscules and hyphal coils were not observed.

Fractional mycorrhizal colonization of soybean roots highly significantly varied with field ($p < 0.001$) and was significantly affected by fertilization ($p < 0.05$) in both sites but neither by variety nor by most interactions (Table 2). FMC significantly increased with increasing fallow age and in forest regrowth (Figure 2).

Fractional mycorrhizal colonization was significantly reduced by P fertilization at both sites, in the range 11 – 15%. Following N fertilization, FMC did not change in Nkometou but decreased in Mengomo. NP fertilization did not significantly affect FMC in Nkometou but reduced it in Mengomo (Figure 3).

Nodulation of all four varieties markedly varied with

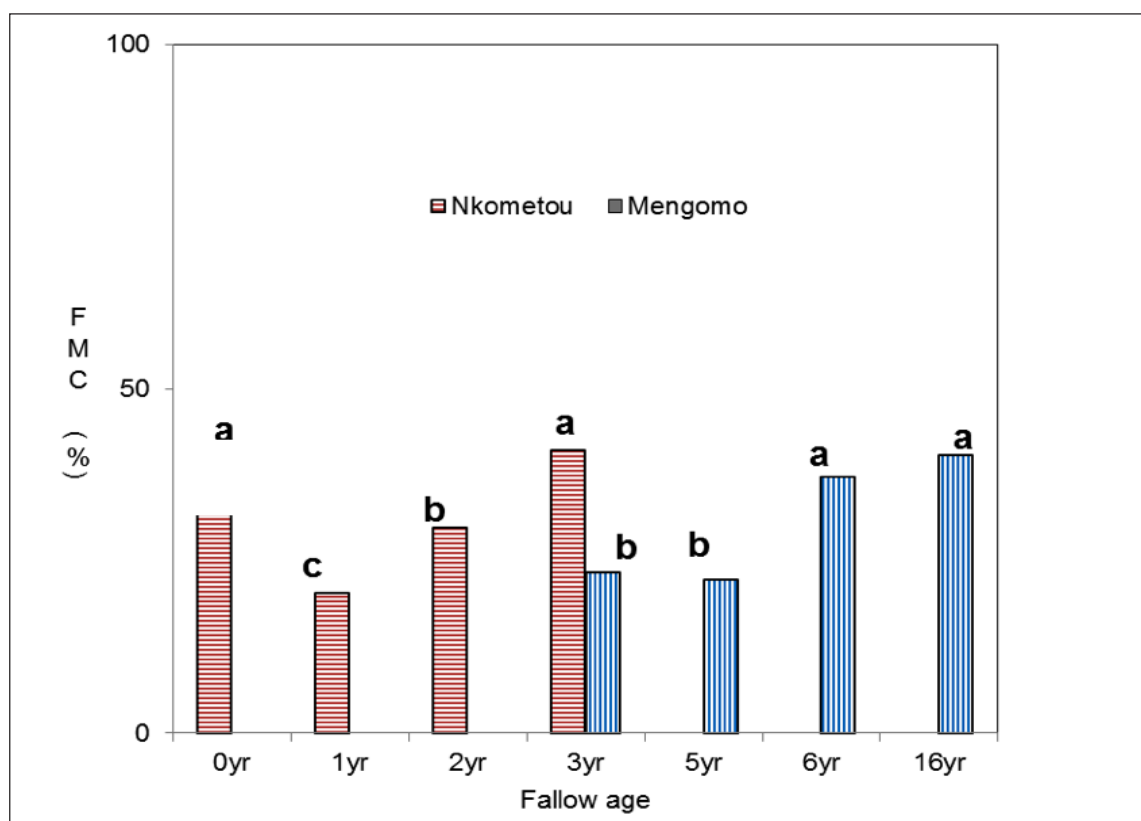


Figure 2: Fractional mycorrhizal colonization (FMC) of soybean roots with fields from fallow of different ages in Nkometou (open bars) and Mengomo (Shaded bars). Bar graphs followed by the same letter are not significantly different at 5% level of significance.

Table 3
Change in nodule number (# per plant), nodule mass and N uptake (mg per plant) among varieties in Nkometou and Mengomo

Varieties	Nkometou Nodule			Mengomo Nodule
	Number	Mass	N uptake	Number
Var1 (TGX 1838-5E)	17.4a	155.7bc	3.57bc	0.691b
Var2 (TGX 1879-7E)	16.3a	265.7a	4.03a	0.0154c
Var5 (TGX 1828-4E)	15.7a	204.5ab	3.9ab	1.50a
Var6 (TGX 1805-13F)	4.41b	75.2c	3.28c	0.0222c

*Figures in columns followed by the same letter are not significantly different at 5% level of significance.

site: High nodulation in Nkometou and extremely low in Mengomo (Table 3). In Nkometou, nodule number and mass significantly varied only with variety (Table 2). Though var1, var2 and var5 did not produce significantly large numbers of nodules per plant than var6, yet, nodule mass of var1 was significantly lower than that of var2 (Table 3). Negative, highly significant correlations were established between nodule number and mass ($r = -0.726$; $p < 0.0001$; $n = 68$), between nodule number and FMC ($r = -0.682$; $p < 0.0001$; $n = 68$). However, a positive and highly significant correlation was obtained between FMC and nodule

mass ($r = 0.976$; $p < 0.0001$; $n = 68$).

In Mengomo, the Kruskal-Wallis non parametric test showed that nodule number significantly varied with variety and fertilization at 10% level of significance but nodule mass. Though var5 had significantly higher nodule number than the other three varieties, nodule numbers generally were extremely low (Table 3).

Mean grain yield of soybean varieties was about 610 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and 390 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ in Nkometou and Mengomo, respectively. Percent variation among sites was on average 42%, 61%, 91% and 57% for var1, var2, var5

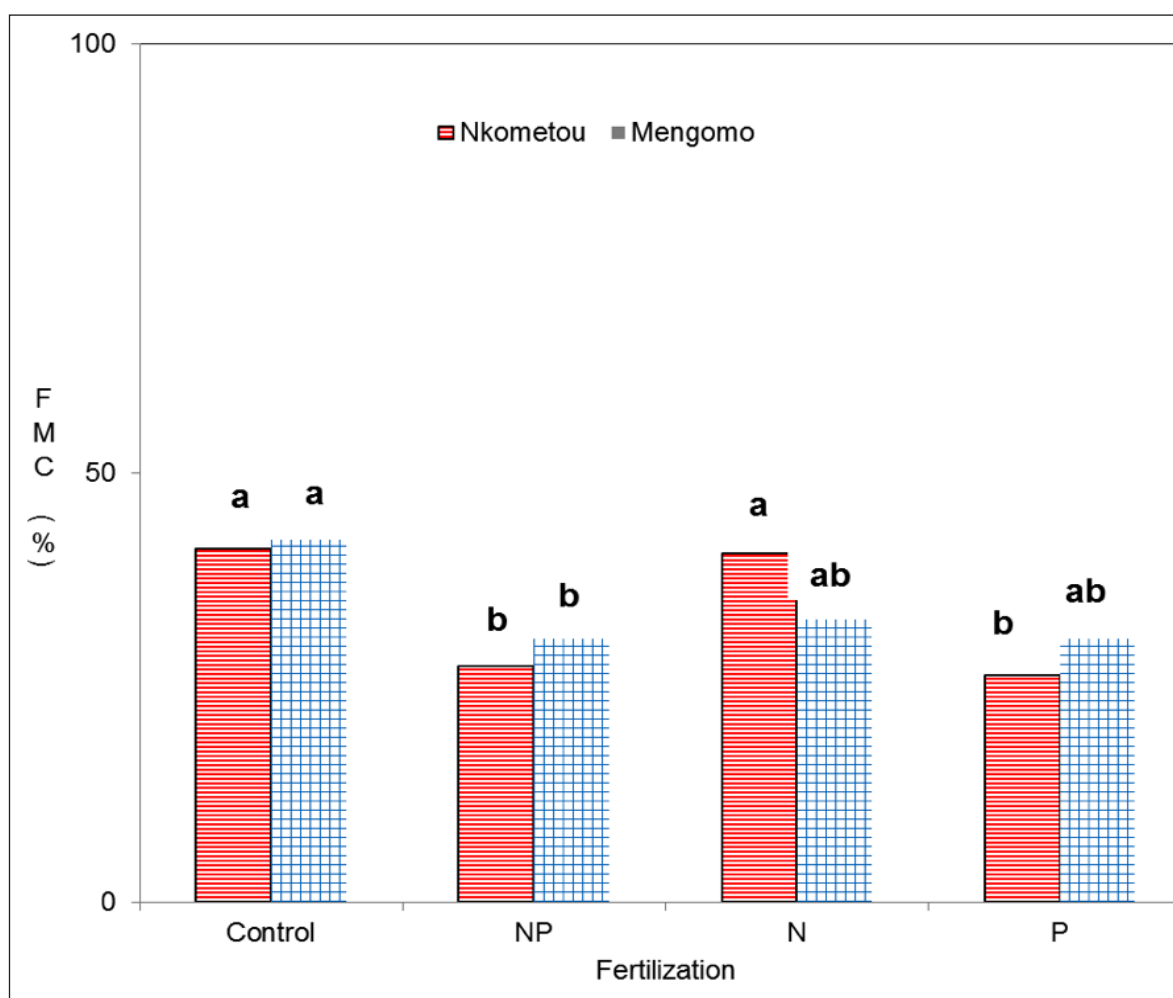


Figure 3: Fractional mycorrhizal colonization (FMC) of soybean roots with N and P fertilization in Nkometou (open bars) and Mengomo (Shaded bars). Bar graphs followed by the same letter are not significantly different at 5% level of significance.

and var6, respectively. Analysis of variation showed generally that grain yield was not significantly affected by all independent variables or by their interactions in both sites but varied highly significantly among fields in Mengomo (Table 2). In Nkometou, correlation between grain yield and nodule mass was positive and significant ($r = 0.423$; $p = 0.001$; $n = 68$).

Plant N content was highly significantly affected by variety while plant P highly significantly varied with fields in Nkometou. Fertilization did not significantly affect plant nutrient uptake (Table 2). Var2 exported the highest plant N content and var6 the least in Nkometou; var1 and var5 were intermediate. Plant N content in Mengomo very highly significantly fluctuated among fields conversely to plant P ($p < 0.002^{**}$). Correlation between FMC and plant N was negative and very highly significant ($r = -0.682$; $p < 0.0001$; $n = 68$). Correlation between FMC and plant P was positive, very large and very highly significant ($r = 0.976$; $p < 0.0001$; $n = 68$). Correlation between grain yield and plant P was also positive and highly significant ($r = 0.432$; $p < 0.0008$; $n = 68$).

Discussion

Soil acidity and fertility differed between Nkometou and Mengomo as well symbiotic activities of soybean varieties. Nodulation was significantly affected by soil acidity, conversely to mycorrhizal colonization. In both sites, all soybean root samples reacted to the same extent with the cohorts of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Qualitative mycorrhizal colonization did not show neither arbuscules nor hyphal coils but profuse internal hyphae with variously shaped vesicles; auxiliary bodies were also absent on external hyphae. Arbuscules generally indicate functional mycorrhizas but are also ephemeral organs (30), unlikely to be observed in four months old soybean roots. Variously shaped vesicles and diverse abundant internal (both intra- and inter-) hyphae indicate that different glomeromycetous genera of indigenous AMF were involved in the mycorrhizal colonization of soybean roots in these acid, low available P soils.

A functional hypothesis of the various Glomeromycete families has been proposed on the basis of different morphologies and evolutionary histories. It has been suggested that species of the Glomaceae predominantly enhance uptake of immobile elements such as phosphate and those of Gigasporaceae contribute to soil stability (8, 34). The absence of auxiliary bodies but numerous glomacean genera in soybean roots would be consistent with the nodulation requirements for adequate P supply.

In this study, fractional mycorrhizal colonization of soybean roots significantly varied among fields of different fallow ages. In several agroecological zones of Nigeria with comparable soil acidity levels, promiscuous soybean varieties showed similar levels of mycorrhizal colonization (about 20 to 40%)

in fields with different cropping histories (26, 28). In tropical soils of West and Central Africa, promiscuous soybean varieties were found moderately mycorrhizal (20). Yet, in acid soils of Cameroon, soybean varieties benefited from native mycorrhizal symbionts for P supply much required in the nodulation process by native strains of *Bradyrhizobia*. In Nkometou, a highly significant positive correlation was obtained between mycorrhizal colonization and nodule mass.

Fractional mycorrhizal colonization significantly increased in fields with increasing fallow ageing and in forest regrowth, implying a buildup in arbuscular mycorrhizal inoculum potential during vegetative following, as observed earlier (24). Following with *Chromolaena odorata* may boost AM inoculum which in return could improve the availability of slowly mobile nutrients such as phosphate (23) or fast moving ones like potassium (18, 31). Local shifting cultivators claimed that productivity of local peanut (*Arachis hypogaea*) varieties always increased after vegetative following with *C. odorata*. However, mycorrhizal activities of this exotic “weed” species in enhancing nutrients’ availability for subsequent crops largely remain unknown in the maintenance of soil fertility in the tropics.

After P fertilization, fractional mycorrhizal colonization of soybean roots was reduced in soils of both sites, to different extent, though. Earlier findings showed that in soils with very high or very low P availability, mycorrhizal infectivity was depressed (19). Though soil P availability after fertilization was not assessed, it is likely that soil solution P differed in the two sites with regard to their soil reaction and levels of calcium (Table 1).

Nitrogen applications resulted in contrasting effect on fractional mycorrhizal colonization: increased in the near neutral soils of Nkometou and decreased in the strongly acid soils of Mengomo, along the lines with earlier reports (5). But the direction of N effect has been observed to depend on plant P nutrition (32) while the intensity effect was influenced by the balance of N and P (17), the source of N and the acidifying effect of N on the rhizosphere pH (21). In this study, fertilization did not significantly affect plant P in both soils. The contrasting observations from both sites could originate from urea’s double acidifying effect, exacerbated in the acid soils of Mengomo.

Nodulation significantly varied with site. High nodulation in Nkometou strongly contrasted with extremely low nodule numbers in Mengomo, implying the existence of suitable native strains of acid-tolerant *Bradyrhizobia* in some Cameroonian acid soils. Therefore, some soybean varieties can be successfully introduced in parts of the humid forest margins of Cameroon without need for bradyrhizobial inoculation and initial fertilization.

Nodulation and nodule activities require sufficient phosphate nutrition (14). Because AM fungi can satisfy

this condition under otherwise limiting P regimes, the positive effects of AM fungi on biological N₂ fixation have been traditionally ascribed to increased P to nodules (15). Mycorrhizal soybean had increased N₂ fixation with enhanced number and dry weight of nodules, N content and N₂ fixed (33). In Nkometou, nodule mass was strongly and positively correlated with mycorrhizal colonization. The negative correlation with nodule number could be due to empty nodules. Nodulation was not significantly affected by fertilization but only by variety in Nkometou. Though var1, var2 and var5 produced equally the same number of nodules, they significantly differ in nodule mass. Var2 and var5, early maturing varieties, produced the highest nodule mass while var6 yielded the lowest nodule number and mass, and exported the least N content. Accordingly, var6 should not be recommended for release to farmers in Nkometou. Var1 which is a late maturing variety was not as equally productive as early maturing varieties, mainly with regard to N uptake. Among the two early maturing soybean varieties, var2 may be recommended for the Nkometou area if subsequent bioassays show that nodulation of var2 is the most actively N₂-fixing. Definitely, var2 should not be recommended for acid soils such as those prevailing in Mengomo.

Similar fertilizer applications resulted in various grain yields in both sites. Grain yield was higher in Nkometou than in Mengomo. Agricultural productivity in acid soils is often lower compared with well-buffered soils. Difference in biological nitrogen fixation could explain drop in grain yield in Mengomo since mycorrhization was not dissimilar in both sites. There was no response to fertilizer applications in grain yield of nodulating and non nodulating soybean varieties. Our results support

the view that there was no justification for applying starter fertilizer N or P or both at this rate to these acid humid soils of Cameroon to grow these soybean varieties owing to the existence effective native strains of *Bradyrhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungi. Such conclusions had been reached by earlier workers elsewhere (1). In Nkometou, grain yield was not significantly affected by independent variables and their interactions. However, correlation between grain yield and symbiotic parameters indicated that, at least, 40% of grain yield in Nkometou could be accounted for biological nitrogen fixation (BNF) which in turn was positively and highly significantly correlated with mycorrhizal colonization by indigenous AM fungi. There was also a very highly significant correlation between FMC and plant P content. In Mengomo, a highly positive correlation was obtained between FMC and grain yield which depicts the significance of symbiotic activities, in particular, those of indigenous mycorrhizal fungi, for acid soil productivity. In Brazil, BNF accounted for to 40% for grain yield of soybean (4).

Acknowledgements

This study was financially supported by Institute of Agricultural Development for Development (IRAD) and International Institute for Tropical Agriculture (IITA) humid station, Mbalmayo, Cameroon. Soil and plant analyses were kindly carried out at IITA humid station soil laboratory. The authors wish to acknowledge the technical and field assistance of Julienne Fanwoua, J. Wendt, Solage Meka and E. Gallane. Ben Banful, T. W. Kuyper and D. Snoeck kindly reviewed an initial version of the manuscript. Unknown reviewers are also acknowledged.

Literature

1. Abaidoo R.C., Keyser H.H., Singleton P.W. & Borthakur D., 2000, *Bradyrhizobium* spp. (TGx) isolates nodulating the new soybean cultivars in Africa are diverse and distinct from bradyrhizobia that nodulate North American soybeans. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, 225-234.
2. Alberton O., Kasschuk G. & Hungria M., 2006, Sampling effects on the assessment of genetic diversity of rhizobia associated with soybean and common bean. *Soil Biol. Biochem.* 38, 1298-1307.
3. Anonymous, 1989, Automated and semi-automated methods for soil and plant analysis. Manual Series N° 7, Ibadan, Nigeria
4. Alves B.J.R., Boddey R.M. & Urquiaga S., 2003, The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil*, 252, 1-9.
5. Aziz T. & Habte M., 1989, Influence of inorganic N on mycorrhizal activity, nodulation and growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol subjected to simulated erosion. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 20, 239-251.
6. Baon J.B., Smith S.E. & Alston A.M., 1993, Mycorrhizal responses of barley cultivars differing in P efficiency. *Plant and Soil*, 157, 97-105.
7. Bethlenfalvay G.J., 1992, Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing legumes: problems and prospects. *Met Microbiol.* 24, 375-389.
8. Boddington C.L. & Dodd J.C., 1999, Evidence that differences in phosphate metabolism in mycorrhizas formed by species of *Glomus* and *Gigaspora* may be related to their life-cycle strategies. *New Phytol.* 142, 531-538.
9. Caetanoanollés G., 1997, Molecular dissection and improvement of the nodule symbiosis in legumes. *Field Crops Research*, 53, 47.
10. Chambers C.A., Smith S.E. & Smith F.A., 1980, Effects of ammonium and nitrate ions on mycorrhizal infection, nodulation and growth of *Trifolium subterraneum*. *New Phytol.* 85, 47-62.
11. Giovannetti G. & Mosse B., 1980, An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84, 489-500.
13. Graham Ph. & Vance C.P., 2003, Legumes: importance and constraints to greater utilization. *Plant Physiology*, 131, 872-877.
14. Eaglesham A.R.J., Hassouna S. & Seegers R., 1983, Fertilizer-N effects on N₂ fixation by cowpea and soybean. *Agron. J.* 7, 61-66.
15. Georges E., Marschner H. & Jakobsen I., 1995, Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorous and nitrogen from soil. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15, 257-270.
16. Gulden R.H. & Versey J.K., 1998, Low concentrations of ammonium inhibit specific nodulation (nodule number g⁻¹ root DW) in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Plant and Soil*. 198, 127-136.
17. Hepper C.M., 1983, The effect of nitrate and phosphate on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. *New and Phytol.* 93, 389-399.
18. Kanmegne J., Duguma B., Herrot J. & Isirimah, 1999, Soil fertility enhancement by planted tree-fallow species in the humid lowlands of Cameroon. *Agroforestry Syst.* 46, 239-249.
19. Koide R.T. & Li M., 1982, On host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.* 114, 59-65.

20. Kormanik P.P. & McGraw A.C., 1982, Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. *In*: Schenck NC (ed), *Methods and Principles of Mycorrhizae Research*, St Paul, Minnesota, APS Press, pp. 37-45;
21. Li X.I, George E. & Marschner H., 1991, Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil*, 136, 41-48.
22. Mpepereki S., Javaheri F., Davis P. & Giller K.E., 2000, Soybeans and sustainable agriculture: promiscuous soybean in South Africa. *Field Crops Res.* 65, 173-179.
23. Nounamo L. & Yemefack M., 2001, Farming systems in the evergreen forest of southern Cameroon: shifting cultivation and soil degradation. *The Tropicbos Cameroon Programme*, Kribi, Cameroon. *Tropicbos-Cameroon Documents #8*, 62 p.
24. Onguene N.A., 2000, Diversity and dynamics of mycorrhizal associations in tropical rain forests with different disturbance regimes in south Cameroon. Ph.D thesis, Wageningen University, The Netherlands. *Tropicbos Documents Series 3*, 167 p.
25. Onguene N.A. & Kuyper Th.W., 2001, Mycorrhizal associations in the rain forest of south Cameroon. *For. Ecol. Manag.* 140, 277-287.
26. Osunde A.O., Gwam S., Bala A., Sanginga N. & Okugun J.A., 2003, Responses to rhizobial inoculation by two promiscuous soybean cultivars in soils of the southern Guinea savanna zone of Nigeria. *Biol. Fertil. Soils*, 37, 274-279.
27. Ponsagkul P. & Jensen E.S., 1991, Dinitrogen fixation and soil N uptake by soybean as affected by phosphorous availability. *J. Plant Nutri.* 14, 8, 809-823.
28. Sanginga N., Carsky R.J. & Dashiell., 1999, Arbuscular mycorrhizal fungi respond to rhizobial inoculation and cropping systems in farmers' fields in the Guinea savanna. *Biol. Fertil. Soils*, 30, 3, 179-186.
29. SAS Inc., 2001, *SAS/STAT user's guide*. Version 8. SAS Institute Inc, Cary, NC
30. Smith S.E. & Read D.J., 1997, *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd ed. London, Academic Press
31. Slaats J.P., 1995, *Chromoleana odorata* fallow in food cropping systems. An agronomic assessment in southwest Ivory Coast. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
32. Sylvia D.M. & Neal K.H., 1990, Nitrogen affects the phosphorus response of VA mycorrhiza. *New Phytol.* 115, 303-310.
33. Vejsadová H., Sibliíková D., Gryndler M., Simon T. & Miksik I., 1993, Influence of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Glomus claroideum* on seed yield of soybean under greenhouse and field conditions. *J. Plant Nutr.* 16, 619-629.
34. Wright S.F. & Upadhyaya A., 1998, A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil.* 198, 97-107.

A.N. Onguene, Cameroonian, PhD in mycorrhizal ecology, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Regional Center of Nkolbisson, P.O. Box 2067, Yaoundé, Cameroon. Tel. +237-22-23-31-05; Fax: +237-22-23-35-38. Electronic address: nereoa@yahoo.fr

L.G.O. Onana, Cameroonian, Agronomist, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Regional Center of Nkolbisson, P.O. Box 2067, Yaoundé, Cameroon. Tel. +237-22-23-31-05; Fax: +237-22-23-35-38.

S.C.O. Owona, Cameroonian, Agronomist, University of Dschang, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, Cameroon.

Floral and Seed Variability Patterns among Ethiopian Mustard (*B. carinata* A. Braun) of East Africa

O.T. Adeniji¹ & Agatha A. Aloyce²

Keywords: *Brassica carinata*- Floral characters- Anther-stigma separation- Siliqua- Seed yield- Tanzania

Summary

In East Africa, Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) is cultivated primarily for its leaves, but in Ethiopia preference is high for oil in the seed. Dual purpose importance of the seeds for planting and for oil suggests the need to improve seed production efficiency through understanding variation pattern for floral morphology and seed characters. We investigated genetic diversity and correlations for floral and seed characteristics among 14 accessions of Ethiopian mustard to improve seed set and yield. Field trials were conducted during 2008 and 2009; flowers were examined for short stamen height, long stamen height, pistil height, and siliqua for seed weight, seeds/siliqua and siliqua/plant. Results were largely consistent between years, indicating that the variation measured was mainly controlled by genetic factors. High genetic variation for seed characters and reproductive phenology among the accessions was noted. The number of days to appearance of flowers showed high discriminatory ability among the accessions. A wide continuous variation was observed among accessions for anther-stigma separation. Accessions 1, 3 and 14 were identified as early flowering. A significant and positive correlation coefficient between short stamen height and seed weight indicated a substantial complementation among these characters for seed yield improvement. The short stamen height is a good indicator for selection in favour of seed commercialization and indices for selection of pollen parent for seed yield improvement. Accessions 5, 7, 14, 16 and 22 are best for multiple characters and are recommended for seed production for any of the seasons in Arusha, Tanzania.

Résumé

Variabilité florale et de semence modèle parmi la moutarde éthiopienne (*B. carinata* A. Braun) d'Afrique de l'Est

En Afrique de l'Est, la moutarde éthiopienne (*Brassica carinata* A. Braun) est cultivée principalement pour ses feuilles, et sa préférence en Ethiopie est due à sa haute teneur en huile contenue dans les graines. L'importance double pour la production de semences et la production de l'huile suggère le besoin d'améliorer l'efficacité de production de semence par le modèle de variation bienveillant pour la morphologie florale et les caractères de semences. Nous avons examiné la diversité et les corrélations génétiques des caractéristiques florales et de semences parmi les 14 accessions de moutarde éthiopienne pour améliorer la série de semence et le rendement. Les essais de champ ont été dirigés pendant 2008 et 2009 ; les fleurs ont été examinées pour la hauteur courte d'étamine, la hauteur longue d'étamine, la hauteur de pistil, et siliqua pour le poids de semence, ensemence/siliqua et siliqua/plante. Les résultats étaient principalement cohérents entre les années, indiquant que la variation mesurée a été principalement contrôlée par les facteurs génétiques. La haute variation génétique pour les caractères de semence et phénologique reproducteur parmi les accessions a été notée. Le nombre de jours à l'apparence de fleurs a montré la haute capacité discriminatoire parmi les accessions. Une large variation continue a été observée parmi les accessions pour la séparation d'anthere-stigmate. Les accessions 1, 3 et 14 ont été identifiées comme fleurissant tôt. Un coefficient de corrélation significatif et positif entre la hauteur courte d'étamine et le poids de semence a indiqué une complémentation substantielle parmi ces caractères pour l'amélioration de rendement de semence. La hauteur courte d'étamine est un bon indicateur pour la sélection dans le service de commercialisation de semence et l'index pour la sélection de parent de pollen pour l'amélioration de rendement de semence. Les accessions 5, 7, 14, 16 et 22 sont meilleures pour les caractères multiples et sont recommandés pour la production de semence pour n'importe lequel des saisons dans Arusha, Tanzanie.

¹Department of Crop Science, Adamawa State University Nigeria.

²Horticultural Research and Training Institute, Tengeru, Arusha, Tanzania.

*Corresponding Author: waleqed@yahoo.co.uk

Introduction

Ethiopian mustard (*B. carinata* A. Braun) is amphidiploid with one genome from *B. nigra* (L.) (BB) and *B. oleracea* (L.) (CC). The genus Brassica includes a total of 41 species (7) of which six species, *Brassica rapa* (AA), *B. nigra* (BB), *B. napus* (AACC), *B. oleracea* (CC), *B. juncea* (AABB) and *B. carinata* (BBCC) are widely cultivated, Ethiopia is the center of diversity of *B. carinata*. Genetic diversity in Brassica amphidiploids is generated by multiple hybrids between different diploid parents with a large intraspecific genetic diversity (17). It is cultivated primarily as leafy vegetable and for oil in the seeds, annual, occasionally biennial and grows up to 150 and 200 cm, branched, glabrous to slightly hairy at stem and petiole bases, leaves are alternate and simple. It can adapt to highland areas (2600 msl), with cool climate [10-15 °C*] (11). Cool weather followed by high temperature induces flowering, but decrease leaf production. Inflorescences are initially rather loose umbel-like raceme, flowers are perfect, four numerous and pedicel ascending, pale-yellow and occasionally cream colour, with some forms showing deep yellow without clasping auricles. Pollen is dispersed by wind as much as 10 meters from its source, and transfer via insects had been detected up to 3-4 km away (13), it sets seeds efficiently. Spatial relationship of the stigmas and anthers strongly influences pollination efficiencies (17), (11), (7), (18), (24), (25), (27), (8), (14), (5), (9), (16), (6) resulting in high seed yield.

Floral morphology has the potential to increase or decrease seed production in both self-fertilizing and out-crossing crops (22), this necessitates the need to determine the sources of variation in floral morphology and seed characters. Floral size and number are important in attracting pollinating insects (3) and (23). Variability pattern in floral and seed characteristics could be important to identify important genes for breeding, germplasm conservation, quantifying genetic diversity and eco-geographic variability. From the stand point of seed production, transition from vegetative to generative stage is important for seed yield. Seed number/silliqua decreases during development (28). This may be associated with rapid failure during embryo development, competition for assimilates may be responsible and bear a close relationship to environment. Increase consumption of fresh leaves as vegetables necessitated high demand for seeds of promising varieties in Tanzania.

Multivariate techniques have been used widely to measure diversity and assess contribution of characters to total variability in germplasm collection. We evaluated the extent of genetic variability among floral morphology characters, especially the spatial relationship between stigma and anthers, and their influence on seed yield. These relationships can

improve existing varieties by breeding productive varieties with good perspective for commercialization. Our objectives were to quantify the magnitude of variation in floral morphological and seed characteristics, investigate association among floral characters and their contribution to seed yield.

Materials and methods

Plant material, location and designs

Thirteen advanced breeding lines and one registered variety (Mbeya green) of Ethiopian mustard used in this study were obtained from the Genetic Resources and Seed Unit of –the World Vegetable Center, Regional Center for Africa, originally collected from different locations in Tanzania, Rwanda and Malawi. There has been no information on floral and seed characteristics for the accessions included in the experiment. The study was conducted at AVRDC, the World Vegetable Center, Regional Center for Africa, Arusha Tanzania during the cold season of 2008 and 2009. The cold season starts in July through October and is characterized by low temperature (18-20 °C). For each year field experiment was laid out on a clay loam soil with pH between 6.0 and 6.5. A randomized complete block design with three replications was adopted; each plot consisted of two ridges 6 meter long, spaced at 0.60 meter and 30 centimeter high. Seedlings were raised in multipot–trays filled with sterilized soil for 3 weeks, and were transplanted into the sides of the ridges at 0.40 meters between plants; 30 plants were established per plot for both trials. The experiment was furrow irrigated after every two days for the first two weeks after transplanting, then once a week thereafter. Fertilizer NPK (20:10:10) was applied at the rate of 200 kg/ha (15 g/plant) at transplanting. Urea was applied at the rate of 90 kg/ha in a split application at transplanting and thirty thereafter. Weeding was carried out manually; insecticidal spray of Selecron EC (Profenofos) at the rate of 10 ml/10 lit of water was applied using a Knapsack sprayer at 2-weekly intervals beginning 21 days after planting.

This investigation was conducted on five plants per plot; each plot was covered in a fiber net cage to exclude insect pollinators. Fourteen floral and seed characteristics were measured. Data was collected on floral and seed attributes included: days to beginning of flowering (number of days from the date of transplanting to the date which the flowers appear). Number of silliqua per plant (the average number of silliqua counted from the same plant). At flowering, we randomly sampled 10 newly opened flowers from the main stem of each accession. Petals were removed for measurement of petal length (PL) and width in centimeters. The short stamen height (SSH) and long stamen height (LSH) and pistil height (PSH)

were determined using a graduated scale (mm), and converted to centimeters. The ratio of the PSH to LSH was used to generate the index of the Anther-Stigma Separation. At harvest, by random sampling 10 pods from the main stem of three plants per replication the following parameters were measured (cm): peduncle length (cm), siliqua length (cm), siliqua width (cm), siliqua beak length (cm). Seeds/siliqua, loculli/siliqua and siliqua/plant was counted. Both siliqua weight and seed weight from 10 pods were determined in grams. Both individual and combined analyses of variances were conducted using PROC GLM procedure of SAS program (20). The entry means were separated using Duncan Multiple Range Test (DMRT). To identify characters responsible for majority of the variation in floral and seed structures, a principal component analysis and dendrogram (21) and (19) were performed using the procedure of PROC PRIN of SAS (20) on 14 operational taxonomic units (OTUs) based on 15 characters (variables) pooled over seasons.

Results and discussion

Over two years sixteen characters investigated showed significant ($p < 0.01$ and 0.05) effects and consistent for each year (pistil height, petal length, petal width, short stamen height, long stamen height, siliqua length, siliqua beak length, siliqua length, siliqua width, long stamen height, seeds per siliqua, seed weight, pod wall weight, days to first flowering, anther stigma separation, siliqua/plant). Significant differences recorded for most characters was a clear indication of ample variability among component characters of Ethiopian mustard accessions examined, as in other brassicas species (5), (10), and (22). Combined analysis indicated that accessions by year interaction was not significant for most floral morphological and seed characters (Table 1), and could be that genotypic response was similar over years and environmental influence was minimal during the study period for this location.

Over trial periods, accessions 16, 15, 7, 21, and 5 recorded high and consistent values for spatial relationship between pistil and long stamen heights. Values of pistil height and anther-stigma separation varied widely in *B. carinata* and are consistent with those reported for *Brassica rapa* (22). The pistil height was greatest in accession 21, while accessions 22, 21 and 6 were consistent over years for number of seed/siliqua and loculli per siliqua, and accession 21 for number of siliqua. Accessions 14, 7, 16, 22 and 23 performed best for seed weight for each year, but were not consistent with performance over years except for accession 23. Empirical evidence showed that over years, accessions 8 and 21 had elongated petals, while accession 5 had wider petals than the other accessions.

Additionally for multiple characters accessions 8 and 5 outperformed other accessions for petal length and

Table 1
Mean separation for floral and seed characteristic among Ethiopian mustard accessions pooled for 2008 and 2009 seasons. All traits except SSL, LS, DFF, ASS, and SPT are in Cm

Acc code	Index number	Place of collection	PSH Pistil Height	PL Petal Length	PW Petal Width	SSH Short Stamen Height	LSH Long Stamen Height	SL Siliqua Length	SBL Siliqua Beak Length	PdL Peduncle length	SW Siliqua Width	SSL Seed Per Siliqua	LS Loculli per Siliqua	Swt Seed Weight	Pwt Pod Weight	Dff Days to First Flower	ASS Anther-Stigma Separation	SPT Number of Siliqua per plant
21	TZ 35-5	Tanzania	1.04 ^a	1.37 ^b	0.67 ^{bc}	0.66 ^a	0.97 ^a	4.50 ^{abc}	0.23 ^e	0.7 ^e	0.53 ^{abc}	20.00 ^b	21.67 ^a	0.57 ^c	5.6 ^a	37 ^c	1.07 ^d	868
7	TZ52-9	Tanzania	1.03 ^a	1.00 ^c	0.58 ^{bcd}	0.6 ^{bc}	0.74 ^{ab}	4.27 ^{bcd}	0.33 ^d	1.00 ^{cd}	0.63 ^a	17.00 ^c	19.00 ^b	0.67 ^b	2.03 ^b	34 ^{cd}	1.26 ^c	897
16	TZ 44-6	Tanzania	0.83 ^{ab}	0.96 ^c	0.43 ^{de}	0.63 ^{ab}	0.72 ^b	4.57 ^{abc}	0.43 ^{cd}	0.90 ^{cde}	0.50 ^{abc}	17.00 ^c	18.00 ^{bcd}	0.63 ^b	2.63 ^{ab}	63 ^a	3.02 ^a	329
8	ST25B	Tanzania	0.80 ^{ab}	1.63 ^a	0.58 ^{bc}	0.60 ^{abc}	0.80 ^{ab}	4.50 ^{abc}	0.43 ^{cd}	0.70 ^e	0.50 ^{abc}	12.00 ^f	16.00 ^c	0.57 ^b	1.50 ^b	34 ^{cd}	1.00 ^e	318
15	ST15	Tanzania	0.78 ^{ab}	1.07 ^{bc}	0.56 ^{bc}	0.36 ^e	0.50 ^{ab}	4.47 ^{bc}	0.57 ^{abc}	1.33 ^b	0.60 ^{ab}	11.00 ^f	16.67 ^d	0.45 ^d	1.66 ^b	36 ^{cd}	1.56 ^b	816
22	TZ1-1	Tanzania	0.77 ^{ab}	0.93 ^c	0.53 ^{bcd}	0.70 ^a	1.04 ^a	5.00 ^{bc}	0.60 ^{ab}	0.90 ^{cde}	0.50 ^{abc}	21.33 ^a	23.00 ^a	0.63 ^b	1.70 ^b	58 ^b	0.74 ^h	361
14	ST68A	Tanzania	0.77 ^{ab}	1.08 ^{bc}	0.60 ^{bc}	0.65 ^a	0.80 ^a	4.83 ^{bcd}	0.40 ^d	0.70 ^e	0.57 ^{abc}	14.67 ^e	16.67 ^{de}	0.70 ^b	1.53 ^b	22 ^g	0.96 ^e	313
5	TZ-35-6	Tanzania	0.73 ^{ab}	1.17 ^{ab}	0.82 ^a	0.40 ^{de}	0.72 ^{ab}	4.24 ^d	0.63 ^a	0.80 ^{de}	0.53 ^{abc}	15.00 ^{de}	18.33 ^{cd}	0.73 ^a	1.20 ^b	37 ^c	1.01 ^e	736
1	RW-B-1	Malawi	0.72 ^{ab}	1.07 ^{bc}	0.63 ^b	0.40 ^{de}	0.87 ^a	5.60 ^a	0.40 ^d	1.10 ^{bc}	0.43 ^{abc}	16.00 ^{cd}	19.00 ^b	0.30 ^{de}	0.37 ^b	18 ^g	0.83 ^g	779
19	TZ61-4	Tanzania	0.71 ^{ab}	1.34 ^b	0.43 ^{de}	0.60 ^{abc}	0.82 ^{ab}	3.63 ^e	0.37 ^{de}	0.73 ^{de}	0.40 ^c	17.00 ^c	19.33 ^b	0.57 ^b	1.20 ^b	53 ^b	0.87 ^f	791
6	TZ 44-6	Tanzania	0.70 ^{ab}	0.89 ^c	0.40 ^{de}	0.52 ^{bc}	0.74 ^{ab}	3.33 ^e	0.60 ^{ab}	2.60 ^a	0.47 ^{abc}	20.33 ^{ab}	22.00 ^a	0.50 ^b	1.78 ^b	30 ^{de}	0.95 ^e	714
23	TZ-56	Tanzania	0.64 ^{ab}	1.07 ^{bc}	0.57 ^{bc}	0.63 ^{ab}	0.80 ^{ab}	5.10 ^{ab}	0.47 ^{bcd}	1.33 ^b	0.47 ^{abc}	16.67 ^c	19.33 ^b	0.59 ^b	2.03 ^b	38 ^c	0.80 ^g	152
3	TZ-56	Malawi	0.53 ^{bc}	1.34 ^b	0.50 ^{bcd}	0.50 ^{dc}	1.04 ^a	4.57 ^{bcd}	0.40 ^d	1.10 ^{bc}	0.60 ^{ab}	14.00 ^e	19.33 ^b	0.30 ^b	0.57 ^b	24 ^{ef}	0.51 ⁱ	265
17	ML-EM-6	Malawi	0.23 ^c	1.04 ^c	0.50 ^{bcd}	0.50 ^{dc}	0.84 ^a	4.40 ^{cd}	0.40 ^d	0.97 ^{cde}	0.60 ^{ab}	16.00 ^{cd}	17.33 ^{bcd}	0.50 ^b	1.80 ^b	25 ^{ef}	0.27 ⁱ	309
Acc X Year Interaction			.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns	.ns

Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level by DMRT.

width. However, it remained to be determined whether a large floral structure is advantageous to pollination success in open and controlled fertilization. In terms of length of time to reach flowering, there were accessions which flowered within 22 days and others 63 days after transplanting. This range of variation provided ample scope for selection of early, medium and late flowering accessions. Accessions 1, 14, 3, 17 were found to be consistent for earliness within and over years; they flowered on average of 22 days after transplanting, and could serve as breeding parents for earliness. At the other extreme, accessions 16, 22 and 19 flowered between 53 and 63 days after transplanting, and constitute the late maturing group. However, for seed production irrespective of years top five accessions are 14, 7, 16, 22 and 23; they could possibly be selected for seed production in Arusha, northern Tanzania. The number of seeds/silliqua ranged between 11 (Acc 17) and 21 (Acc 22), while number of loculli per silliqua was lowest (6) in Accession 6 and highest (22) in Acc 22.

To assess the pattern of variation based on floral and seed characters, the principal component analysis was done considering all the 16 variables simultaneously. The first to five axes of the PCA accounted for 81% of the total variation, and all had eigenvalues greater than 1.00 (Table 2). The contribution of the first principal axis was moderate and predicted 29% of the total variation illustrated primarily by variation in floral characters (days to flowering, pod wall weights, short stamen heights). All three traits have positive weights and

equal magnitude. Conversely, petal length and width had negative weights on the same axis. The second principal axis explained additional 17% of the total variation depicted primarily the pattern of variation for seed characters, highest negative coefficients on this axis turned out to be peduncle length. Other characters (silliqua beak length and petal length) recorded high and positive coefficients on the second axis. The third principal component constituted 14% of the total variation; unexplained by both PC 1 and 2, characters of high variability on this axis included long stamen height, loculli per silliqua and seeds/silliqua; they had positive coefficients and high magnitude. The fourth principal component emphasized high variation for silliqua length and petal width, which increased but charged on petal length, while the fifth principal components described inverse relationship between silliqua width and earliness.

Figure 1 is a plot of principal components analysis loadings for the first two axes, which accounted for about half of the total variation, this provide adequate representation of diversity among the population. Five accessions from Malawi and Tanzania dispersed in the first quadrant, Accession 16 had the highest positive contribution to the first quadrant and recorded positive coefficients on both PC 1 and 2. Ordination in this quadrant showed high discriminatory ability for short stamen height and pistil height. Accessions 22 and 6 originally collected from Tanzania were ordered in the second quadrant; Accession 22 had high positive contribution compared to Acc

Table 2
Mean of variation and component score for the first seven principal components of genetic divergence in twenty-five accessions of Ethiopian mustard

Characters	PCA1	PCA 2	PCA 3	PCA 4	PCA 5	PCA 6
Pistil Height	0.20	0.24	-0.01	0.03	-0.09	0.58
Petal Length	-0.11	0.39	0.11	-0.38	0.27	0.04
Petal Width	-0.16	0.22	-0.04	0.44	0.16	0.50
Short stamen height	0.36	0.21	0.13	-0.0005	-0.034	-0.32
Long stamen height	-0.04	0.08	0.60	0.17	0.11	-0.18
Silliqua length	-0.10	0.19	0.12	0.51	0.24	-0.15
Silliqua beak length	-0.01	0.40	-0.28	0.31	0.23	0.13
Peduncle Length	-0.01	-0.52	0.06	-0.14	-0.26	0.15
Silliqua width	-0.11	0.15	-0.13	0.26	-0.64	-0.11
Seed per silliqua	0.33	-0.20	0.35	0.08	-0.03	0.09
Loculli per silliqua	0.27	-0.25	0.43	0.07	0.07	0.21
Pod wall weight	0.36	-0.06	-0.10	0.35	-0.03	-0.24
Seed weight form 10 pods	0.32	0.19	-0.22	0.16	-0.18	-0.10
Pod wall weight from 10 pods	0.27	0.23	0.12	-0.11	-0.33	0.29
Days to first flowering	0.36	-0.005	-0.30	-0.07	0.32	-0.02
Number of silliqua	-0.04	-0.17	-0.17	-0.02	0.73	-0.16
Eigen value	4.36	2.66	2.17	1.70	1.31	0.95
Difference	1.70	0.49	0.50	0.34	0.37	0.33
Proportion	0.29	0.17	0.14	0.11	0.09	0.06
Cumulative	0.29	0.47	0.61	0.72	0.81	0.87

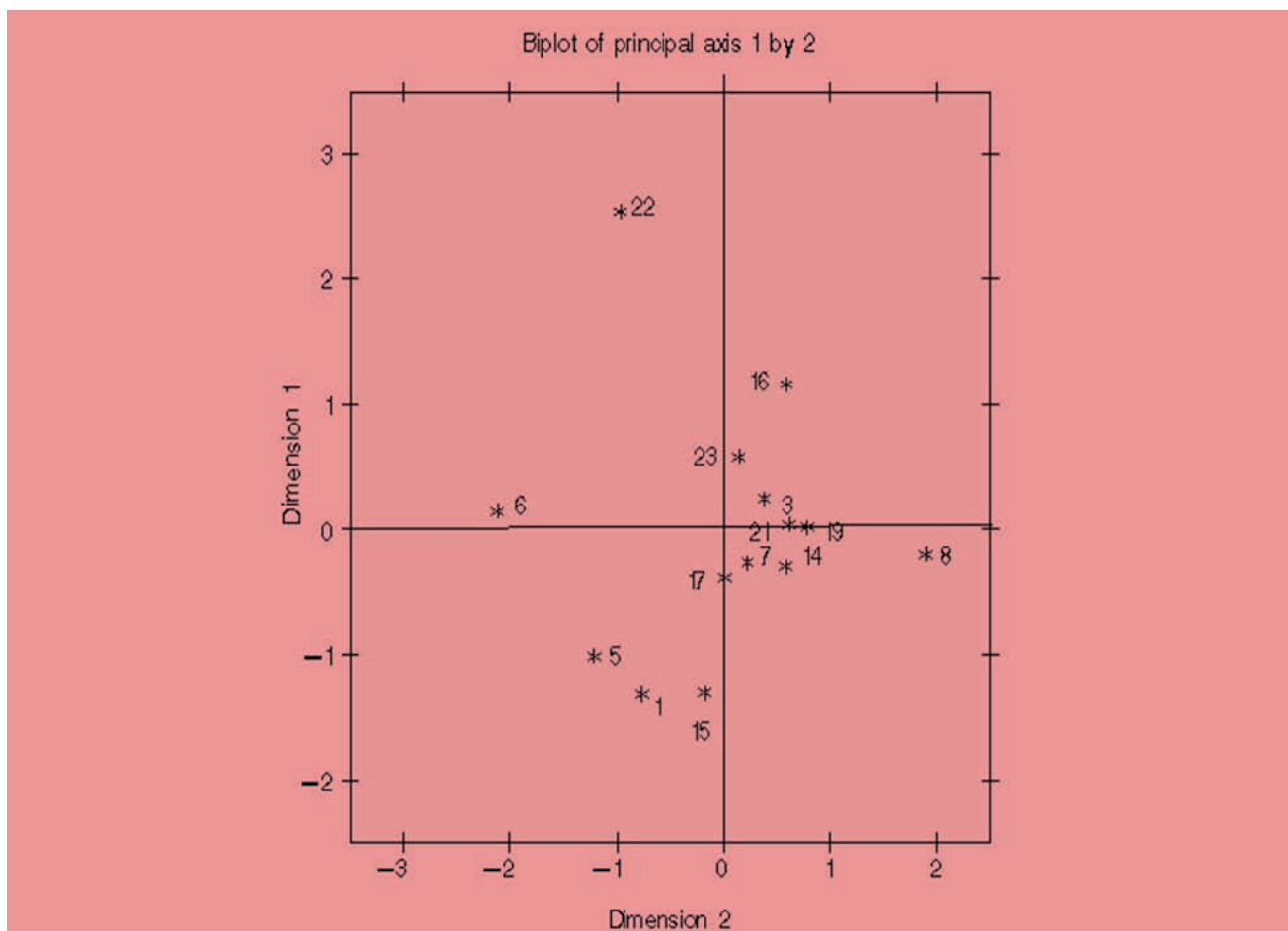


Figure 1: Plot of the first and second component scores for the fourteen accessions of *B. carinata*.

6. Acc 22 had high and positive coefficients on PC 1 and low negative coefficients on PC 2, and could be a potential pollen source of earliness, pod wall weight and seeds per siliqua. Accessions 5, 1 and 15 had negative contribution to the third quadrant with negative coefficients on both PC 1 and 2. The dispersion in third and fourth quadrant showed high variability for peduncle length and petal length and width respectively.

The pattern of variation illustrated by the PCA was very well substantiated for by the correlation coefficient determined for pair wise association of characters, consistent to the outputs of the PCA, the traits that contributed the most to the first PC (days to 50% flowering and pod wall weight) was negatively associated with major traits of the 2nd PC (peduncle length). Correlation analysis among floral and seed characters returned a strong, significant and positive correlation coefficient between seed weight and short stamen height ($r= 0.74^{**}$), pod weight ($r= 0.64^{**}$), number of days to first flower ($r= 0.49^{**}$), number of days to 50% flowering ($r= 0.58^{**}$). In the same vein the siliqua/plant correlated positively with the pistil height (0.73^{**}). This was a clear indication of complementation among floral and seed characters and that short

stamen height could be reliable indicator of seed yield and pistil height for siliqua number. Consistent with this result are the complementary relationships between number of seeds/siliqua and seed weight. On one hand the association between short stamen length and seeds per siliqua was positive ($r= 0.51^{**}$), but the number of loculi per siliqua recorded an independent association though not significant with seed weight ($r= -0.003$), this could be that genetic potential for seed set is limited by the locules. The seeds/siliqua and loculi per siliqua are positively correlated with high magnitude ($r= 0.90^{**}$). Accessions 22, 6 and 21 had high values for loculi per siliqua and seed set/siliqua over seasons, consequently high percentage of seed set/siliqua could be promising for seed yield, but Accession 3 is poor seed yielder. Additionally the number of days to first flowering showed positive and perfect association with seed weight. This implied that late flowering accessions could possibly have high seed yield and vice-versa. On the other hand the association between days to first flowering and seed/siliqua, seed weight and seeds/siliqua marked positive though insignificant correlation coefficient. Correlations coefficients observed in this investigation are in support of the views of Leon and Becker (13) that various yield component are strongly inter-correlated

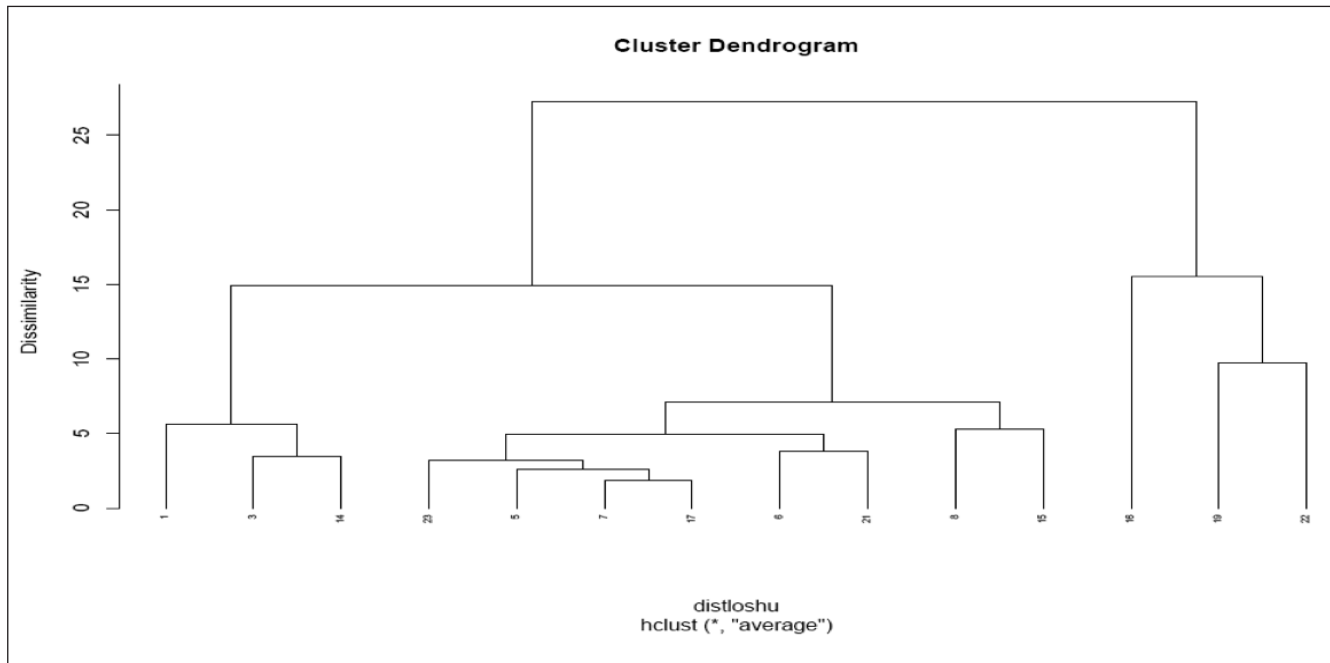


Figure 2: Dendrogram of 14 *B. carinata* accessions derived from unweighted average linkage cluster analysis.

in brassicas. In this investigation compensatory relationship between components of seed weight including seeds/silliqua and seed weight, seeds/silliqua and loculli per silliqua was recorded.

The outcome of the dendrogram (Figure 2) is consistent with the ordination of the PCA, whereby the major differences between clusters were attributed to the same traits that contributed most to the 1st and 2nd components. Individuals within a cluster are more closely related than are individuals in different clusters.

Cluster 1 comprised of accessions 1, 3, 14 sourced from Rwanda Malawi and Tanzania; they flower 21 days on the average after transplanting, and constitute the early maturing group and could possibly be selected as donor parents whenever genetic improvement favour earliness, but are not suitable for simultaneous improvement in yield components characters as number of seed per silliqua, seed number per silliqua and seed weight for which accessions 16, 19 and 22 all from Tanzania could be donor parent since they contributed high positive coefficients on the first principal component. However, it was evident that earliness was not restricted to specific provenance; and for selection purposes emphasis has to be put at the population level than the geographical origin as source of diversity for earliness.

Cluster 2 comprised of eight accessions sourced from Tanzania and divided into three groups. Accessions 23, 5, 7 and 17 constituted a group; they flowered on the average 34 days after transplanting on the average, and belong to the medium maturity group. Accession 6 and 21 constituted second group, they

marked on the average of 20 seeds per silliqua and 22 loculli per silliqua, while accessions 8 and 15 are grouped together, and on the average they had 12 seeds per silliqua. Accession 5 had a short stamen height alongside high seed weight and could possibly be selected for seed yield in this environment. Still in cluster 2, Accession 6 and 21 are characterized by high number of loculli per silliqua, seed/silliqua and a short height of the stamens, and could be considered as a source of genes for seed improvement and other seed yield contributing characters, seed/silliqua, loculli per silliqua, and seed weight, both having low to moderate contribution on 1st principal components. For late flowering and maturity and seed yield, donor parents can be sought from the 3rd cluster. Characteristically they required on the average 62 days to flower, and are best for seed set and seed yield potential compared with accessions in clusters 1 and 2. Divergence studies using the techniques of principal component and cluster analyses have been reported in lablab (12) and mustard (1), (2); and findings are in support of the present investigation that the two methods can disclose complex relationships between populations of diverse origin. The interrelationships between the number silliqua and silliqua width described by the 5th principal components entailed a very important point of practical significance in that improvement in the latter will further reduces the number of silliqua.

Inter cluster hybridization between accessions in cluster 2 and 3 may develop hybrids and open pollinated individuals that are of high seed yield and late maturing. While hybridization among members in cluster 1 and 2 may provide populations that are early or medium flowering maturing with moderate seed yield potential. The average intra-class genetic

divergence of the three clusters (Table 3) showed that differences between the clusters were mainly attributed to the variations in the short stamen height and days to first flowering. However, the seed weight contributed to the cluster constellations. This further buttresses the result of dispersion of accessions in quadrant 1. The average number of seeds per siliqua, seed weight, and loculli per siliqua was higher in cluster 3 compared with cluster 1; the number of days to flowering was a reverse. Although inter-cluster variation in characters was relatively large, differences between clusters were eminently explicit. Improving these traits, therefore emphasis should focus on variation within accession.

For improvement in seed yield, hybridization between accessions 5 and 14 in cluster 2 and 1 respectively could develop F_1 hybrid and open pollinated populations that are of high seed yield. The number of seed per siliqua and loculli per siliqua was high in accessions 22, 21, 6 and 19. These characters do not correspond for high seed weight; accessions with high seed weight recorded a moderate number of loculli and seed set/loculli. Low seed weight may correspond with inefficiency of production and distribution of assimilate between the source and the sink. Consistent with this is low correlation coefficient between seed weight and seeds/siliqua, and a negative correlation coefficient between seed weight and loculli per siliqua. Accession 22 was located in cluster 3, while accession 21 and 6 are grouped in cluster 2. For genetic improvement in seed weight, inter cluster hybridization in favour of accession 22 and 21 may evolve hybrids with high seed yield. A comparison of results generated from trials over years for seed yield indicated that top five accessions for seed yield within year and over years were consistent in accession 7, 16, 22 and 14.

This implied that any of these accessions may be promoted for seed commercialization irrespective of seasons. The top three accessions for number of seed/siliqua and loculli per siliqua are accessions 21, 22, and 6. Seed weight was best in accession 7, 16, 22, and 14. Accession 14 belongs to the early maturing group and is found in cluster 1; accession 7 is medium maturing and grouped in cluster 2; while accessions 22 and 16 are late maturing, and are located in cluster 3. This provides the possibility of developing varieties of high seed yield with varying maturity periods (early, medium and late). For high number of loculli/siliqua and seeds/per siliqua which are important components of seed yield, accessions 22, 21, 6, 7, and 16 performed best. In this present investigation emphasis has to be placed on the population level than geographical level as source of diversity. However, the number of accessions studied from the regions was unequal and small; this doesn't warrant any conclusive remarks about concentration

Table 3
Intra-class average and range of genetic divergence in morphological and seed traits of the four clusters of *B. carinata*

Characters	Cluster 1 1, 3, 14		Cluster 2a 23,5,7, 17		Cluster 2b 6, 21		Cluster 2c 8, 15		Cluster 3 16, 19, 22	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Pistil Height	0.67	0.53 - 0.77	0.47	0.23 - 1.04	1.22	0.70 - 1.04	1.02	0.78 - 0.80	0.77	0.71 - 0.83
Petal Length	1.16	1.07 - 1.34	1.09	1.00 - 1.17	1.13	0.89 - 1.37	0.98	0.89 - 1.07	1.14	0.93 - 1.34
Petal Width	0.57	0.50 - 0.63	0.61	0.40 - 0.82	0.54	0.40 - 0.67	0.57	0.56 - 0.58	0.46	0.43 - 0.53
Short stamen height	0.52	0.40 - 0.65	0.59	0.40 - 0.63	0.59	0.52 - 0.66	0.48	0.36 - 0.60	0.65	0.60 - 0.70
Long stamen height	1.32	0.80 - 1.04	0.78	0.72 - 0.84	0.86	0.74 - 0.97	0.56	0.50 - 0.80	0.87	0.70 - 1.04
Siliqua length	5.00	4.57 - 5.60	9.50	4.40 - 5.10	3.92	3.35 - 4.50	4.49	4.47 - 4.50	4.40	3.63 - 5.00
Siliqua beak length	0.40	0.40 - 0.41	0.40	0.33 - 0.47	0.42	0.23 - 0.60	0.50	0.43 - 0.57	0.47	0.37 - 0.60
Peduncle Length	0.90	0.70 - 1.10	1.47	0.80 - 1.33	1.65	0.70 - 2.60	1.02	0.70 - 1.33	0.84	0.73 - 0.90
Siliqua width	0.53	0.43 - 0.60	0.55	0.47 - 0.63	0.50	0.47 - 0.53	0.55	0.50 - 0.60	0.61	0.40 - 0.50
Seed per Siliqua	14.89	14.00 - 16.00	16.00	15.00 - 17.00	20.17	20.00 - 20.33	12.00	11.00 - 12.00	19.17	17.00 - 21.33
Loculli per Siliqua	18.33	16.67 - 19.33	18.34	17.33 - 19.33	21.84	21.67 - 22.00	16.34	16.00 - 16.67	20.00	18.00 - 23.00
Pod wall weight	1.08	0.57 - 1.53	2.20	1.80 - 2.03	3.68	0.95 - 1.07	1.50	1.50 - 1.66	1.92	1.20 - 2.63
Seed weight	0.43	0.30 - 0.70	0.62	0.50 - 0.73	0.54	0.50 - 0.57	0.51	0.45 - 0.57	0.61	0.57 - 0.63
Days to first flowering	21	15 - 24	32	25 - 38	34	x 30 - 37	36	34 - 37	61	53 - 68
Siliqua/plant	289	265 - 313	524	152 - 897	791	714 - 868	567	318 - 816	560	329 - 791

of alleles in a particular geographical location. The predominance of additive genetic variance for days to flowering, seeds/silliqua, seed yield/plant 1000 seed weight (4), (15), (26) also means that, besides hybrid and synthetic breeding, opportunity exist for genetic improvement by accumulating favourable alleles from the inter-regional variability through selection.

Conclusion

Our results have generally demonstrated a wide continuous variation among fourteen accessions of Ethiopian mustard for flower morphological and seed characters considered. This investigation showed that entries from Rwanda, Malawi and Tanzania are extra early flowering, medium and are late flowering and maturity respectively. Parents for potential source of earliness and seed yield components and simultaneous improvement for these characters have

also been identified. Improvement in these traits could be achieved by exploiting variation within accessions. For seed production in Arusha, short stamen height and petal length could possibly be indicators for selection of potential breeding parent. On another note the number of silliqua can be improved among the accessions by selecting for pistil height and silliqua width. The study was affirmative that for seed commercialization in Arusha, accessions 5, 14, 7 and 16 could provide high seed yield with varying growth cycle (short, medium or late maturity). The study identified potential source of donor parent for earliness, seed yield and multiple characters.

Acknowledgements

The World Vegetable Center, Taiwan, Horticultural Research and Training Institute, Arusha, Tanzania and Adamawa state University, Nigeria.

Literature

- Anand I.J. & Rawal D.S., 1984, Genetic diversity, combining ability and heterosis in brown mustard. *Indian J. Genet. and Plant Breeding*, 44, 226-234.
- Alemaychu N. & Becker H., 2002, Genotypic diversity and patterns of variation in a germplasm material of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun). *Genet. Res. and Crop Evol.* 49, 573-582.
- Anderson S., 1996, Floral variation in *Saxifraga granulata*: phenotypic selection, quantitative genetics and predicted response to selection. *Heredity*, 77, 217-223.
- Bradle J.E. & McVetty P.B.E., 1989, Heterosis and combining ability in hybrids derived from oilseed rape cultivars and inbred lines. *Crop Sci.* 29, 1191-1195.
- Conner J.K., Davis R. & Rush S., 1996, The effect of wild radish floral morphology on pollination efficiency by four taxa of pollinators. *Oecologia*, 104, 234-245.
- Elle E. & Hare J.D., 2002, Environmentally induced variation in floral traits affects the mating system in *Datura wrightii*. *Funct. Ecol.* 16, 79-88.
- Glad T. & Hammer K.H., 1990, Die Gaterslebener Brassica-kollektion eine Einführung, *Kulturpflanze*, 38, 121-156.
- Holtsford T.P., 1992, Genetic and environmental variation in floral traits affecting out crossing rate in *Clarkia tembloriensis* (Onagraceae). *Evolution*, 46, 216-225.
- Karron J.D., Jackson R.T., Thumser N.N. & Schlicht S.L., 1997, Outcrossing rates of individual *Mimulus ringens* genets are correlated with anther-stigma separation. *Heredity*, 79, 365-370.
- Kobayashi K., Horisaki A., Niikura S. & Ohsawa R., 2004, Diallel analysis of floral characters in *Raphanus sativus* L. *Breed Res.* 6 (Suppl 2), 169.
- Kudo G., 2003, Anther arrangement influences pollen deposition and removal in hermaphrodite flowers. *Funct. Ecol.* 17, 349-355.
- Kumari R.U. & Chandrsekharan P., 1991, Genetic divergence in fodder lablab. *Indian J. Genet. and Plant Breeding*, 51, 28-29.
- Leon J. & Becker H.C., 1995, Genetics of physiological potentials for yield improvement of annual oil and protein crops. *Advances in Plant Breeding* 17, 53-90.
- Levin I., Cahaner A., Rabinowitch H.D. & Elkind Y., 1994, Effects of the *ms10* gene, polygenes and their interaction on pistil and anther-cone lengths in tomato flowers. *Heredity* 73, 72-77.
- McGee K.P. & Brown J., 1995, Investigations of hybrid performance in fall- and spring-planted canola. P.116-118. *In: Proc. 9th Int. Rapeseed Conf., 4th-10th July 1995.* Cambridge, U.K.
- Motten A.F. & Stone J.L., 2000, Heritability of stigma position and the effect of stigma-anther separation on out crossing in a predominantly self-fertilizing weed, *Datura stramonium* (Solanaceae). *Am J Bot.* 87, 339-347.
- Nishihiro J., Washitani I., Thomson J.D. & Thomson B.A., 2000, Patterns and consequences of stigma height variation in a natural population of a distylous plant, *Primula sieboldii*. *Funct. Ecol.* 14, 502-512.
- Olsson G., 1960, Some relations between number of seeds per pod, seed size and oil content and the effects of selection for these characters in *Brassica* and *Sinapis*. *Hereditas*, 46, 29-70.
- Pimentel R.A., 1979, *Morphometrics: the multivariate analysis of biological data.* Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA.
- SAS 1998. *SAS user's guide: statistics, version 5,* Cambridge, UK. Pp. 867-869.
- Sneath P.H. & Sokal R.R., 1973, *Numerical taxonomy.* Freeman and Company, San Francisco, USA.
- Syafaruddin H., Niikura S., Yoshioka Y. & Ohsawa R., 2006, Effect of floral morphology on pollination in *Brassica rapa* L. *Euphytica*, 149, 267-272.
- Thurling N., 1974, An evaluation of an index method of selection for high yield in turnip rape (*Brassica campestris* L. ssp. *Oleifera* Metzg.). *Euphytica*, 23, 321-331.
- Uga Y., Fukuta Y., Ohsawa R. & Fujimura T., 2003a, Variations of floral traits in Asian cultivated rice (*Oryza sativa* L.) and its wild relatives (*O. rufipogon* Griff.). *Breed Sci.* 53, 345-352.
- Uga Y., Fukuta Y., Cai H.W., Iwata H., Ohsawa R., Morishima T. & Fujimura T., 2003b, Mapping QTLs influencing rice floral morphology using recombinant inbred lines derived from a cross between *Oryza sativa* L. and *Oryza rufipogon* Griff. *Theor Appl Genet.* 107, 218-226.
- Wos H., Bartkowiak-Broda, Budzianowski & Krzymanski J., 1999, Breeding of winter and spring oilseed rape hybrids at Malysz. Paper 544. *In: Proc. 10th Int. Rapeseed Confr.* 26-29 sept 1999, Canberra, Australia.
- Yoshioka Y., Horisaki A., Kobayashi K., Syafaruddin S., Niikura S. & Ohsawa R., 2005, Intraspecific variation in the ultraviolet colour proportion of flowers in *Brassica rapa* L. *Plant Breed.* 124, 551-556.
- Zuberi M.I. & Ahmed S.U., 1973, Genetic study of yield and some of its components in *Brassica campestris* L. var. "Torja". *Crop. Sci.* 3, 13-15.

O.T. Adeniji, Nigerian, M. Agric., Department of Crop Science, Adamawa State University, Nigeria.

Agatha A. Aloyce, Tanzanian, M.Sc. Crop science and production candidate, Horticultural Research and Training Institute, Tengeru, Arusha, Tanzania.

Prevalence of Trypanosome Infections in Cattle and Sheep in the Benin's West Atacora Agro-ecological Zone

S. Farougou, S. Doko Allou, I. Sankamaho & V. Codjia

Keywords: Trypanosome- Prevalence- Cattle- Sheep- Benin

Summary

*Trypanosomiasis remains one of the major constraints to ruminant livestock development in Benin. In order to determine the prevalence of trypanosome infections in the municipality of Ouake in the West Atacora agro-ecological zone, a parasitological study was conducted on 52 sheep (phenotype Djallonke) and 134 cattle phenotypes Somba (63), Borgou (21), Zebu (18) and crossbred Zebu x Somba (32). In order to determine prevalence rates, blood samples were checked for trypanosomes using microscopic techniques: 6.7% in cattle (n= 9) and 3.8% in sheep (n= 2). Two trypanosome species were encountered in cattle: *Trypanosoma vivax* (33.3%) with n= 3 and *T. congolense* (44.5%) with n= 4. Some cases of co-infection by *T. vivax* and *T. congolense* (n= 2) were reported (22.2%). Only *T. congolense* was identified in sheep. Female calves were more infected (22.2%) than other cattle. The Somba phenotype had the lowest prevalence (1.6%) while the highest prevalence was recorded for crossbred Zebu x Somba (15.6%). These results suggest that the trypanosome infections control needs to be intensified, in order to improve cattle and sheep productivity in the municipality of Ouake.*

Résumé

Prévalence des infections trypanosomiennes des bovins et des ovins dans la zone agro-écologique ouest-Atacora au Bénin

*La trypanosomose demeure l'une des contraintes majeures au développement de l'élevage des ruminants au Bénin. Dans le but de déterminer la prévalence des infections trypanosomiennes dans la Commune de Ouaké, en zone agro-écologique ouest Atacora, une étude parasitologique a été réalisée sur 52 ovins de phénotype Djallonké et 134 bovins de phénotypes Somba (63), Borgou (21), Zébus (18) et métis Zébu x Somba (32). La recherche de trypanosomes dans les prélèvements de sang par les techniques microscopiques a permis de déterminer des prévalences de 6,7% (n= 9) chez les bovins et 3,8% (n= 2) chez les ovins. Deux espèces de trypanosomes ont été rencontrées chez les bovins: *Trypanosoma vivax* (33,3%) avec n= 3 et *T. congolense* (44,5%) avec n= 4. Les cas de co-infection à *T. vivax* et *T. congolense* (n= 2) représentent 22,2%. Seul *T. congolense* a été identifié chez les ovins. Les vaches étaient plus infectées (22,2%) que les autres catégories de bovins. Le phénotype Somba avait la prévalence la plus faible (1,6%) alors que la prévalence la plus élevée a été enregistrée chez les métis Zébu x Somba (15,6%). Ces résultats suggèrent que la lutte contre les infections trypanosomiennes doit être renforcée pour améliorer la productivité des bovins et des ovins dans la Commune de Ouaké.*

Introduction

Animal trypanosomiasis represents a major constraint for the development of cattle and other ruminant farming in over 37 countries in Sub-Sahara Africa (7). In ruminants, these parasitic infections are caused by three species of trypanosomes (*T. vivax*, *T. congolense* and *T. brucei*), which are transmitted by tsetse flies and other blood-feeding insects (8).

The low productivity of indigenous cattle often makes it necessary to import more productive cattle breeds for the purpose of genetic improvement. However, these imported animals are more sensitive to trypanosomiasis than indigenous breeds. This represents an obstacle to genetic improvement programmes (13).

Benin is not unaffected by the continuous threat

posed by animal trypanosomiasis. Various studies, focusing on the epidemiology of trypanosomiasis, trypanotolerance in cattle and the use of trypanocides, have been conducted on cattle and sheep – mainly in the agro-ecological zones of North Benin (cotton-growing), South Borgou (food crops) and Central Benin (cotton-growing) (4). In the agro-ecological zone of West Atacora, however, no epidemiological data exist on animal trypanosomiasis. Due to the presence of streams with gallery forests that can act as a refuge for tsetse flies, it is necessary to study the situation of this parasitic animal in this agro-ecological zone.

The objective of this study is to determine the

¹Polytechnic School of Abomey-Calavi, Production Biotechnology and Animal Health Research Unit, 01 BP 2009, Cotonou, Benin.

²Faculty of Agronomy, University of Parakou, BP 123, Parakou, Benin.

³Livestock Office, Cotonou, Benin.

Received on 17.02.12 and accepted for publication on 09.05.12.

prevalence of trypanosome infections in the municipality of Ouake in the agro-ecological zone of West Atacora, in which streams provide a source of water for farm ruminants.

Materials and methods

Area studied and sampling method

The study was conducted on farms in the Municipality of Ouake, which is located in the Donga region, between parallels 9° and 10° (north latitude) and meridians 1° and 2° (east longitude), in the agro-ecological zone of West Atacora.

In total, 134 cattle of different breeds (Somba, Borgou and Crossbred Somba x MBororo cattle) from 12 herds and 52 sheep from 5 flocks were examined. Their distribution, according to district, is shown in table 1. The animals to be sampled were selected at random.

Blood sampling and determining hematocrit values

The blood was sampled using sterile Vacutainer tubes, containing EDTA K3. The hematocrit tubes were filled directly by capillarity and centrifuged at 12,000 rpm for 3 minutes. The values obtained were divided into two

groups: (i) hematocrit below 20%: anaemic animals (ii) hematocrit greater or equal to 25%: non-anaemic animals.

Identifying trypanosomes

A full blood test was conducted using the Woo method (14). The analysis was conducted 100X by examining the interface between the blood cells and plasma, using an OLYMPUS BH-2 photonic microscope. The positive samples were characterised by the swarming movement of trypanosomes in the tube. The content of the red blood cell - plasma interface collected on a degreased slide for each section of the hematocrit tube was analysed using 400X magnification. The trypanosomes were detected by means of their movements and shapes (11).

The positive samples in hematocrit tubes were used to prepare smears and thick films stained with Giemsa and examined using 1000X magnification. The trypanosomes were identified, with reference to the morphological characteristics of each species, as described by Itard (8).

Statistical analyses

The calculated prevalences were compared according to species, breed and animal category (age and sex),

Table 1
Distribution of ruminants sampled in the six zones studied

Farming areas	Farmers	Geographical coordinates of sites	Total cattle	Total sheep	Total cattle sampled	Total sheep sampled
Komde	1	N: 09°92.582 E: 001°21.738	117	15	18	10
	2	N: 09°40.243 E: 001°22.068	80	20	10	15
	3	N: 09°36.990 E: 001°23.301	40	12	11	8
	4	N: 09°38.398 E: 001°26.935	40	00	10	0
Central Ouake	5	N: 09°39.196 E: 001°27.646	60	10	9	7
	6	N: 09°39.747 E: 001°27.650	60	00	7	0
Badjoude	7	N: 09°36.543 E: 001°27.039	50	00	15	0
	8	N: 09°34.858 E: 001°27.039	60	00	15	0
	9	N: 09°41.526 E: 001°27.318	20	00	4	0
Tchalinga	10	N: 09°50.509 E: 001°22.509	100	00	25	0
Semere	11	N: 09°34.264 E: 001°24.127	20	18	2	12
	12	N: 09°34.366 E: 001°24.043	60	00	8	0
Total			707	75	134	52

using the bilateral Z-test and STATISTICA software. The average hematocrits were compared using the T-test.

Results

Overall prevalence and hematocrits for cattle

The hematological examination of blood samples taken from 134 cattle revealed 9 cases of trypanosome infections and a prevalence of 6.7%. When the 5 localities are considered, in which samples were taken, the prevalence of trypanosome infection was significantly higher in Tchalinga than in Badjoude and Komde (Table 2). The average hematocrit values ranged from 2.1 ± 2.9 to 27.9 ± 5.9 .

Total prevalence and hematocrits for sheep

For sheep, 2 cases of infection were detected out of the 52 sheep tested, which is equivalent to a prevalence of 3.8% (Table 2).

Hematocrit and prevalence variations according to age and sex

Prevalence of trypanosome infection in female calves (22.2%) was significantly higher than that obtained for cows (3.4%) ($p < 0.05$). However, no significant difference exists between prevalences of the infection in young bulls (8%), calves (7.7%) and bulls (0%), based on a threshold of 5% (Table 3).

The following hematocrit values varied between 21.3

Table 2
Average hematocrit values and prevalence throughout all the cattle and sheep farms sampled

Farming areas	Number of samples		Average hematocrit (%)		Trypanosoma			
	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep	Number of cases		Prevalence (%)	
					Cattle	Sheep	Cattle	Sheep
Badjoude	34	ND	27.9 ± 5.9	ND	1	ND	2.9 ^b	ND
Komde	49	33	23.9 ± 6.5	22.1 ± 4.6	1	2	2.0 ^b	5.9
Ouake	16	7	24 ± 2.8	19.5 ± 3.8	1	0	6.2 ^{ab}	0
Semere	10	12	22.1 ± 2.9	18.6 ± 4.5	1	0	10.0 ^{ab}	0
Tchalinga	25	ND	22.7 ± 4.7	ND	5	ND	20.0 ^a	ND
Total	134	52	24.6 ± 6.0	21 ± 4.7	9	2	6.7	3.8

Prevalences in the same column, which bear the same letter, are not statistically different from the 5% threshold.

ND: No data available

Table 3
Average hematocrit values and prevalence of trypanosome infection according to age and breed in cattle

Category of cattle	Total number	Average hematocrit (%)	Number of trypanosome positive animals	Prevalence (%)
Cows	58	26.2 ± 4.5	2	3.4 ^b
Heifers	14	26.4 ± 7.6	0	0.0 ^{ab}
Female calves	18	22.9 ± 6.2	4	22.2 ^a
Bulls	6	21.3 ± 4.8	0	0.0 ^{ab}
Young bulls	25	23.1 ± 4.8	2	8.0 ^{ab}
Male calves	13	22.9 ± 7.7	1	7.7 ^{ab}
Total	134	24.6 ± 6.0	9	6.7
Somba	63	27 ± 6.3	1	1.6 ^b
Borgou	21	23.9 ± 3.1	2	9.5 ^{ab}
Zebus	18	20 ± 5.3	1	5.6 ^{ab}
Crossbred	32	22.7 ± 4.5	5	15.6 ^a
Total	134	24.2 ± 5.6	9	6.7

Prevalences in the same column, which bear the same letter, are not statistically different from the 5% threshold. Comparisons were made separately within the age/sex category (cow, heifer, female calves, bulls, young bulls, male calves) and in the breed category (Somba, Borgou, Zebus, Crossbreds). The totals are not included in the comparisons.

± 4.85 for bulls and 26.4 ± 7.6 for heifers. Analysis of these values made it possible to confirm that, in general, all categories of animal presented a good average hematocrit (above 20%).

Variation according to phenotypic characteristics

The prevalence of trypanosome infection was lower in the Somba (1.6%) than in the crossbred (15.6%), which showed the highest prevalence ($p < 0.05$) (Table 3). In terms of prevalence in Zebus (5.6%) and Borgou (9.5%), no significant difference was observed.

The average hematocrit values varied between $20 \pm 5.3\%$ for Zebus and $27 \pm 6.3\%$ for the Somba (Table 3). The Zebus presented the lowest average hematocrit ($20 \pm 5.3\%$), followed by the Metis ($22.7 \pm 4.5\%$). These Zebus showed more or less severe anaemia, which was not the case for the other breeds (Borgou, Somba).

Frequency of different trypanosome species

Two trypanosome species were identified during the microscopic examination of blood smears and thick blood films from the cattle: *Trypanosoma vivax* and *T. congolense* in mono-infection with respective prevalences of 33.3% ($n = 3$) and 44.5% ($n = 4$). Mixed infections of *Trypanosoma vivax* and *T. congolense* were also noted with a prevalence of 22.2% with $n = 2$ (Figure 1).

In the small ruminants, only *T. congolense* was detected.

Discussion

Cattle were more affected than sheep, with a prevalence of 6.7% for cattle compared to 3.8% for sheep. These results show that, when reared under the same conditions, cattle and sheep can be infected by trypanosomes. While less attention

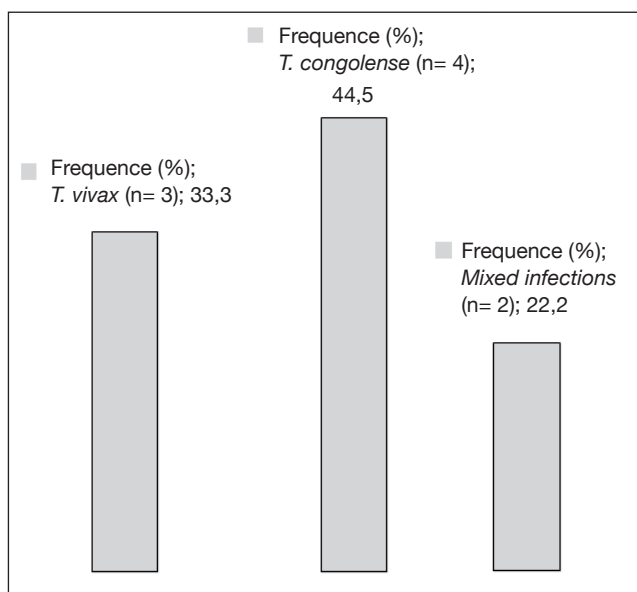


Figure 1: Frequency of trypanosome species detected in cattle.

is given to trypanosomiasis in sheep, they could represent a reservoir for infection. According to some authors, small ruminants do not openly display clinical signs of trypanosomiasis, as they show a greater trypanotolerance than cattle (12). In addition, exposure to tsetse flies is lower for sheep, not only due to the eating habits of these parasites, but also the difficult task of taking blood from these animals, due to the density of their hair/wool and more nervous behaviour (12).

In general terms, the prevalence of trypanosome infection measured in the cattle is similar to that reported by Kalu and Lawani (9) during the rainy season in the Kano region of Nigeria (7.6%). As part of a study on trypanosome infection in the Sudanese zone of Burkina Faso, Bengaly *et al.* (1) obtained an apparent prevalence of trypanosome infection of 7.6%. These results are no different from those of this study (6.7%).

In terms of sheep, our results show that they are slightly infected (3.8%). Similar results (3.8%) were reported by Dadah *et al.* (2) in Nigeria's Jos region. However, significantly higher results than ours have been reported: 13.1% in Kandi (Benin) (7); 38.16% in Nigeria (10).

With regard to sex, the females were more affected, while no positive cases were detected in the bulls and heifers. These differences can be explained by livestock management methods in the farming community, in which large numbers of males are removed and sold at any early age; the rest being used either for breeding or animal traction. As a result, the remaining males are more closely monitored than the females.

Female calves presented the highest prevalence of trypanosome infection (22.2%), while the heifers were less affected. Aceturate-based trypanocidal treatments (diminazene) administered by the farmers may explain these observations. Trypanocidal treatments are not generally administered to young animals before weaning. After being weaned, the young females are more closely monitored than males that are not selected for breeding or animal traction. Prevalence is also relatively higher in young bulls (8%) than heifers, in which no cases were identified. Sex did not impact significantly on the prevalence of the infection. Only the farmer's technical management can explain the differences observed, given that farmers do not apply trypanocidal treatments to all animals. When heifers and young bulls are compared, farmers are more interested in the females. When it comes to adult cattle, more importance is attached to breeding bulls.

However, the trypanosomiasis prevalence seems to fall as the animals get older. Age-acquired immunity could represent a key factor, bearing in mind that trypanocidal treatments are used more frequently on

adults. In addition, young animals are more vulnerable to bites from tsetse flies and other vectors, due to the fragility of their skin. Moreover, young animals are not yet able to drive insects away, when they graze in the same areas as the adults. The tsetse flies also frequently target weak animals as a source of food, in order to avoid being crushed by moving animals (1). However, as part of a study on the dynamics of trypanosome infections in Borgou cattle in Benin, Doko *et al.* (4) reported that male calves are less infected than the adults with cumulative serological prevalences of 30% and 80 - 95%, respectively.

In terms of the localities examined, prevalence of trypanosome infection was at its highest in Tchalinga. This variation in prevalence of the infection, depending on locality, can be explained by the fact that the farm sampled in Tchalinga consisted of untreated Metis cattle. Furthermore, the proximity of some gallery forests around the pasture zones and along the river Binao, which provide a source of water for the animals, also represents a positive factor for trypanosome infection in Tchalinga. As far as other farming areas are concerned, the results obtained can be explained by the fact that most of these locations consist of fields, leaving only abandoned arable land and a few areas along the streams, which provide pasture for the animals.

In terms of hematocrit, although this is due to multiple factors (trypanosomiasis, helminthiasis, babesiosis, anaplasmosis, nutritional status, etc.), the drastic fall in this value is traditionally considered a warning sign of the trypanosomiasis disease (3). The animals examined as part of this study were apparently healthy, but the pathological status characterised by low hematocrit values has generally been observed with the presence of detectable trypanosomes in some cases. The animals with low hematocrit values that were not infected by trypanosomes included those affected by other pathologies. In the same way, Farougou *et al.* (5) have described the role of gastrointestinal nematodes and hemoparasites other than trypanosomes (*Babesia*, *Anaplasma* and *Theileria*) in triggering anaemia. The average

hematocrit values ranged from $21.3 \pm 4.3\%$ for bulls and $26.2 \pm 4.5\%$ for cows. It must be noted that significantly higher values were obtained in similar studies: $36.5 \pm 6.8\%$ and $34.8 \pm 8.4\%$ are the values reported by Doko *et al.* (4) on the farm at Okpara. It should also be mentioned that animals of the Somba phenotype presented the highest average hematocrit values, but the presence of trypanosomes did not have a significant influence on their general condition. In addition, the Somba cattle raised in the same area may represent likely sources of infection for the most sensitive animals and especially transhumant zebus. Though less affected by trypanosomiasis, sheep presented low hematocrit values ($21 \pm 4.7\%$) and a general change in terms of condition. Factors such as gastro-intestinal parasitism, malnutrition and over-exertion, caused by walking long distances in search of pasture, may explain this situation.

Conclusion

This study has enabled us to confirm the presence of trypanosome infection on cattle and sheep farms in the West Atacora agro-ecological zone. Its prevalence has been greater in zebus and crossbred than indigenous breeds (Somba bulls). Similarly, young animals were far more infected than adults on these traditional farms. This situation represents a constraint for the introduction of foreign breeds in this environment. It is therefore important, for successful farming, that combative measures are implemented, in order to improve sanitary conditions in these areas. A preventive treatment programme must also be introduced for young animals. In order to be more effective, these measures must be combined with steps aimed at vectors of the disease and gastro-intestinal parasitosis.

Acknowledgements

We would like to express our profound gratitude to Professor S. Geerts for the material and financial supported provided by the Belgian partnership, via the Prince Leopold Institute of Tropical Medicine.

Literature

1. Bengaly Z., Ganaba R., Sidibe I. & Duvallet G., 1998, Infections trypanosomiennes dans la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 51, 225-229.
2. Dadah A.J., Duhlinska P., Daniel A.D. & Dede P.M., 1997, Trypanosomose chez des moutons et des chèvres après abattage à l'abattoir de Jos, Nigéria. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 50, 214-216.
3. Doko Allou S., Farougou S., Salifou S., Ehile E. & Geerts S., 2010, Dynamique des infections trypanosomiennes chez les bovins Borgou sur la ferme de l'Okpara au Bénin. Tropicultura, 28, 1, 37-43.
4. Doko A.S., Guedegbe B., Baelmans R., Demey F., N'diaye A., Pandey V.S. & Verhulst A., 1991, Trypanosomiasis in different breeds of cattle from Benin. Vet. Parasitol. 40, 1-7.
5. Farougou S., Tassou D.M., Tchabode M., Kpodekon M., Boko C. & Youssao A.K.I., 2007, Tiques et hémoparasites du bétail dans le nord-Bénin. Rev. Méd. Vét. 158, 463-467.
6. Farougou S., Doko A.S., Toko Issakou W. & Akossou, 2011, Prévalence des infections trypanosomiennes ovines dans la Commune de Kandi, zone sud-guinéenne du Bénin. Ann. Sci. Agron. 15, 231-242.
7. Hursey B.S. & Slingenbergh J., 1995, The tsetse fly and its effects on agriculture in sub-Saharan Africa. Revue mond. Zootech. 84, 67-73.
8. Itard J., 1981, Les trypanosomoses animales africaines. In: Précis de parasitologie vétérinaire tropicale. Maisons-Alfort. France, IEMVT, 305-469.
9. Kalu A.U. & Lawani F.A., 1996, Observations on the epidemiology of ruminant trypanosomosis in Kano state, Nigeria. Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop. 49, 213-217.
10. Kalu A.U., Oboegbulem S.I. & Uzoukwu M., 2001, Trypanosomosis in small ruminants maintained by low riverine tsetse population in central Nigeria. Small Rumin. Res. 40, 109-115.
11. Murray M., Murray P.K. & Mcityre W.I.M., 1977, An improved

- parasitological technique for the diagnosis of African Trypanosomiasis. *T Roy. Soc. Trop. Med. H.* 71, 325-326.
12. Stephen L.E., 1970, Clinical manifestations of the trypanosomiasis in livestock and other domestic animals. *In: Mulligan, H.W. (Ed.), The African Trypanosomiasis.* George Allen and Unwin/ ODA, London. pp. 774-798.
13. Tchobo A., 2005, L'amélioration génétique des bovins et ovins pour une meilleure productivité des animaux. *L'Agro-éleveur*, 13, 15-16.
14. Woo P.T.K., 1970, The haematocrit centrifuge technique for diagnosis of African Trypanosomiasis. *Acta trop.* 27,384-386.
-

S. Farougou, (Benin), Ph.D, Senior Lecturer, Lecturer/Researcher, Polytechnic School of Abomey-Calavi, University of Abomey-Calavi, 01 BP 2009, Cotonou Benin. Tel./Fax +229 21361119, E-mail: farougou@gmail.com

S. Doko Allou, (Benin), Ph.D, Assistant Lecturer, Lecturer/Researcher, Faculty of Agronomy, University of Parakou, BP 123, Parakou, Benin.

I. Sankamaho, (Benin), Master of Science, Polytechnic School of Abomey-Calavi, University of Abomey-Calavi, 01 BP 2009, Cotonou, Benin.

V. Codjia, (Benin), Doctorate in Veterinary Medecine, Livestock Office, Cotonou, Benin.

Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes

K. Coulibaly^{1*}, E. Vall², P. Autray³ & P.M. Sedogo⁴

Keywords: On-farm research- Partnership- Maize and legume intercropping- Biomass- Economic evaluation- Burkina Faso

Résumé

Dans l'Ouest du Burkina Faso, la pression démographique a conduit à l'abandon de la jachère. Avec la culture continue du coton et du maïs, la fertilité des sols est mise à rude épreuve. Pour accroître la productivité des systèmes de culture et contribuer au relèvement de la fertilité des sols, des producteurs du Tuy participant au projet Fertipartenaires ont décidé de tester des associations culturales maïs/légumineuse. L'objectif de l'étude était de concevoir avec les producteurs des systèmes de cultures associées maïs/légumineuse économiquement performants et techniquement acceptables en réalisant des expérimentations en conditions réelles de culture. Des producteurs volontaires ont expérimenté l'association maïs/niébé (13 producteurs) et l'association maïs/mucuna (10 producteurs). Pour chaque essai, l'association était comparée à la monoculture du maïs (témoin). Le niébé était déjà une culture pratiquée par les agriculteurs à une petite échelle à des fins alimentaires ou comme source de revenus, alors que le mucuna avait été récemment introduit comme ressource fourragère pour les bovins. La pratique des cultures associées maïs/légumineuse était nouvelle pour l'ensemble des agriculteurs. Les itinéraires techniques (ITC) ont fait l'objet d'un suivi complet jusqu'à la mesure des rendements. Pour les deux associations, les ITC homogènes ont été définis par analyse en composantes principales (ACP) et par classification ascendante hiérarchique (CAH) et les plus performants sur le plan technique et économique ont été comparés à la monoculture du maïs par analyse de variance (ANOVA). Il est ressorti que les dates de labour et de semis, la densité de peuplement, la date de sarclage et le niveau de fertilité des sols sont des facteurs de performance pour les associations maïs/légumineuse. Les associations maïs/légumineuse produisent significativement (au seuil de 10%) plus de biomasses, de 22 à 29%, par rapport à la

Summary

Technical and Economic Performance of Maize/Cowpea and Maize/Mucuna Associations in the Real Situation of Cultivation in Burkina Faso: Potentials and Constraints

In Western Burkina Faso, population pressure has led to the abandonment of fallow. Continuous cropping of cotton and maize are recognized to severely reduce soil fertility. In order to increase the productivity of cropping systems and contribute to the recovery of soil fertility, farmers of Tuy involved in the "Fertipartenaires" project decided to test different maize and legume intercropping patterns. The objective of the study was to develop experimentation in farmers' conditions concerning maize/legume intercrops which should be economically efficient and technically acceptable. Volunteer producers have tested the maize/cowpea (13 producers) and the maize/mucuna (10 producers). Cowpea was already produced by farmers as a cash or food-crop at a small-scale in pure stands for grain products and mucuna was newly introduced as a fodder crop for cattle. The maize-legume intercropping was a new practice in the region. For each experimental plot, the intercropping was compared with the sole cultivation of corn (control). The sets of production practices (SPP) were monitored until the measure of the yield. For both intercrops, homogeneous SPP were defined by principal component analysis (PCA) and hierarchical ascending classification (HAC) and the most efficient ones, technically and economically, were compared with monoculture of maize by variance analysis (ANOVA). It emerged that the dates of tillage and sowing, plant density, date of weeding, and soil fertility levels are the performance factors for maize/legume intercrops. Maize/legume intercropping lead significantly ($P < 10\%$) to an increase of biomass from 22 to 29% compared to monoculture of maize without increasing the work duration. The maize/cowpea intercrop provided higher income than the maize/

¹Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES), 01 B.P. 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

²Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France. TA 30/B 34398 Montpellier, Cedex 5, France.

³Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France. TA 01/07 34398 Montpellier, Cedex 5, France.

⁴Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), 01 B.P. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

*Auteur Correspondant: Email: kalifacoul1@yahoo.fr

Reçu le 14.06.11 et accepté pour publication le 11.05.12.

monoculture du maïs, sans pour autant augmenter significativement les temps de travaux. L'association maïs/niébé présente plus d'intérêt économique que l'association maïs/mucuna. Les études doivent se poursuivre pour améliorer les itinéraires techniques, estimer la pénibilité du travail au moment des récoltes et les arrières-effets des légumineuses sur les cultures de coton et maïs à moyens termes.

Introduction

La région ouest du Burkina Faso se caractérise par un système de culture basé sur la rotation maïs-coton (6). Dans la province du Tuy où ont été conduites les expérimentations d'association maïs/légumineuse présentées dans cet article, une étude préliminaire (15) indiquait qu'en 2008, le coton occupait 45% de l'assolement, le maïs 28%, le sorgho 13%, le reste (14%) étant occupé par les cultures secondaires (mil, arachide, niébé...).

Avec la forte pression démographique (45 habitants/km²) et du cheptel (40 UBT/km²) (7), les agriculteurs sont contraints d'exploiter au maximum les terres disponibles. Les jachères naturelles (11) et artificielles (13), traditionnellement pratiquées pour restaurer la fertilité des sols, sont par conséquent de moins en moins disponibles. La culture continue couplée à l'exportation des nutriments par des cultures exigeantes (coton et maïs) sur des sols pauvres, sont des facteurs qui maximisent les risques de baisse de la fertilité des sols, avec comme conséquence la baisse des rendements agricoles, la baisse des revenus et plus globalement la fragilisation de la sécurité alimentaire.

Pourtant, que ce soit dans une rotation ou une association, les légumineuses peuvent améliorer la fertilité du sol notamment son statut azoté (1, 2). En améliorant la fertilité des sols, en produisant des grains et des fourrages de qualité, la culture des légumineuses peut augmenter la productivité des cultures (1) et augmenter le revenu brut en réduisant les charges en engrais notamment grâce à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (4).

Malgré leur rôle reconnu en termes d'amélioration de la performance des systèmes de culture à base de céréales, les légumineuses occupent une place marginale dans les systèmes de culture de l'ouest du Burkina Faso.

Pour augmenter la place des légumineuses au niveau des exploitations agricoles, l'étude a expérimenté en milieu paysan des associations maïs/légumineuse, sans modifier grandement le système de culture coton-maïs, en insérant les légumineuses dans des parcelles de maïs conduites avec les mêmes densités et les mêmes arrangements spatiaux qu'en cultures pures. Nous avons à l'échelle d'une campagne agricole sur un réseau de 23 parcelles en situation réelle de culture: (i) intégré la diversité des pratiques

mucuna one. Studies should continue to improve the sets of production practices, to estimate work drudgery induced by intercropping during harvesting and the medium terms effect of legumes on soil fertility enhancement.

culturelles (ii) analysé les facteurs influant sur les performances des cultures associées; et (iii) comparé la performance du maïs cultivé en culture pure et en association de culture.

Matériel et méthodes

1. Site expérimental

La présente étude s'insère dans le projet Fertipartenaires (FOOD/2007/144-075) qui intervient dans 7 villages de la province du Tuy située à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1). La Province est soumise à un climat soudanien (3) avec une pluviométrie moyenne d'environ 1000 mm/an (1077 ± 126 mm en 2010).

2. Matériel végétal

Le maïs (*Zea mays*) utilisé est la variété locale cultivée par les producteurs. Le niébé (*Vigna unguiculata*) utilisé est la variété K VX396 et le mucuna est la variété *Mucuna rajada*. Les semences des deux légumineuses fourragères ont été fournies par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso.

3. Dispositif expérimental

La démarche de l'étude était celle de la recherche-action en partenariat (RAP, 5). Elle se déroule en 4 phases: (i) une phase diagnostic qui consiste à identifier

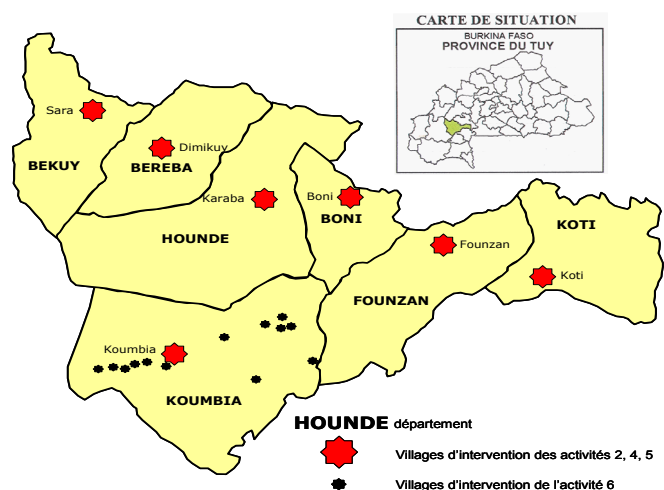


Figure 1: Province du Tuy et les villages d'intervention du projet.

les problèmes à régler, (ii) une phase de coélaboration des protocoles et des itinéraires techniques (ITC), (iii) une phase d'expérimentation chez et avec les paysans et (iv) une phase d'évaluation. L'article traite principalement de la phase expérimentation.

Les essais ont été mis en place par 23 producteurs volontaires, qui ont eu le libre choix entre le niébé (13 volontaires) et le mucuna (10 volontaires) associé au maïs. L'essai était composé d'une parcelle témoin (culture pure de maïs) et d'une parcelle test (association maïs/légumineuse) de 1250 m² chacune. L'itinéraire technique pour chaque producteur (considéré comme une répétition) consistait à semer du maïs (aux écartements de 40 cm x 80 cm) après un labour à plat de ces 2 parcelles. Le niébé et le mucuna ont été semés respectivement 15 et 30 jours (intervalles recommandés par le protocole) après le maïs dans les interlignes. Le complexe NPK (150 kg/ha) et l'urée (50 kg/ha) ont été apportés sur le maïs (en culture pure et en association). Les mesures de rendements ont été effectuées sur des placettes de 12 m² identifiées de façon aléatoire par jet de bâton, à raison de 4 placettes/parcelles témoin et test. Pour des contraintes techniques, les rendements en grains du mucuna n'ont pas été mesurés.

4. Calcul des produits, charges et marges bruts

Les produits bruts par hectare ont été obtenus en affectant une valeur aux produits du maïs (grain, pailles), du niébé (grain et fourrage) et du mucuna (fourrage) sur la base des prix moyens du marché local (125 FCFA/kg pour le maïs grain, 250 FCFA/kg pour le niébé grain) et après enquête auprès des producteurs (50 FCFA/kg de fane de niébé ou mucuna et 5 FCFA/kg de pailles de maïs). La production de grains de mucuna a été valorisée en considérant un prix de 150 FCFA/kg pour un rendement théorique moyen de 300 kg/ha, ce qui correspond à des hypothèses très basses compte tenu des prix des légumineuses sur le marché et des rendements en fanes obtenus dans les essais. Les charges brutes par hectare ont été obtenues en sommant les charges élémentaires d'intrants (semences, herbicides, engrais, insecticides) et de travail (du labour au buttage). Le tarif généralement pratiqué dans la zone d'étude pour le temps de travail a été utilisé (soit 500 FCFA pour une journée de travail). La marge brute a été obtenue par différence entre le produit brut et la charge brute. La productivité du travail a été déterminée en faisant le rapport marge brute sur temps de travail.

5. Analyse statistique

Les analyses en composantes principales (ACP), les classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) et les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT 2011.1.01. Le test de Newman Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5 et 10%.

Résultats

1. Analyse de la diversité des itinéraires techniques et identification des facteurs de performance

Les ACP ont été réalisés sur 18 variables actives caractérisant l'itinéraire technique. Les CAH ont été réalisées à partir du tableau des coordonnées des observations sur les axes factoriels.

Pour l'ACP réalisée sur les données de l'association maïs/niébé; 47,4% de la variabilité est représentée sur le plan formé par les axes 1 et 2 (Figure 2). Les variables associées à l'axe 1 sont, la date de labour, date de semis du maïs, rendement en grain du maïs, le produit brut et la marge brute.

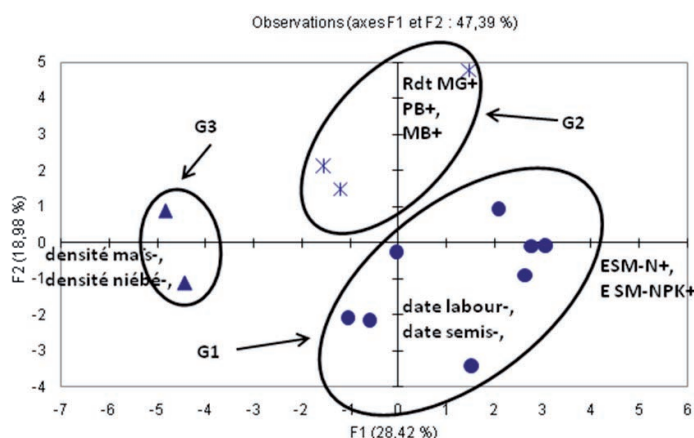


Figure 2: Carte de représentations des individus pour l'association maïs/niébé selon les deux axes principaux de l'ACP.

Légende: Rdt M= rendement maïs grain; PB= produit brut; MB= marge brute; ESM-N= Ecart entre le semis du maïs et celui du niébé; ESM-NPK= Ecart entre le semis du maïs et l'apport de NPK.

Les variables associées à l'axe 2 sont, l'écart entre les semis du maïs et du niébé, la densité du maïs et du niébé et l'écart entre le semis du maïs et l'apport du NPK. La CAH a permis de définir 3 classes (G1, G2 et G3) de producteurs (Tableau 1). G1 regroupe 8 producteurs ayant obtenu les meilleures performances techniques et économiques, grâce à des semis précoces et des densités maïs et niébé élevées. G2, regroupe 3 producteurs ayant obtenus des résultats moyens avec les semis tardifs du niébé et de faible densité. G3 regroupe 2 producteurs ayant obtenu de mauvais résultats suite à des semis tardifs, de faible densité et l'installation des champs sur de mauvaises terres. L'ANOVA effectuée sur les données de ces 3 classes montre (Tableau 1) qu'il y a une différence significative au seuil de 5% entre l'âge de mise en culture des champs, la date de labour, le rendement du maïs grain, le produit brut, la marge brute et la productivité du travail. Les différences enregistrées entre les autres variables ne sont pas significatives.

Pour l'ACP réalisée sur les données de l'association maïs/mucuna; 52,86% de la variabilité est représentée sur le plan formé par les axes 1 et 2 (Figure 3). Les

Tableau 1
Classification des producteurs suivant la diversité des itinéraires techniques de l'association maïs/niébé et comparaison des performances technico-économiques

Variables	G1 (n= 8)			G2 (n= 3)			G3 (n= 2)			G1/G2/G3
	Maïs/niébé	Maïs	P ₁ >F	Maïs/niébé	Maïs	P ₂ >F	Maïs/niébé	Maïs	P ₃ >F	P ₀ >F
Age champ (an)	16 ^b ± 9	16 ± 9	1,000	11 ^b ± 9	11 ± 9	1,000	47 ^a ± 18	47 ± 18	1,000	0,006
Date labour	27/06 ^b ± 11	27/0 ± 11	1,000	23/06 ^b ± 10	23/06 ± 10	1,000	18/07 ^a ± 8	18/07 ± 8	1,000	0,050
Date semis maïs	29/06 ^a ± 12	29/06 ± 12	1,000	25/06 ^a ± 13	25/06 ± 13	1,000	16/07 ^a ± 13	16/07 ± 13	1,000	0,195
Nbj entre semis maïs et niébé	14 ^a ± 7	-	-	29 ^a ± 17	-	-	16 ^a ± 2	-	-	0,141
Nbj entre semis maïs –apport NPK	23 ^a ± 11	23 ± 11	1,000	31 ^a ± 19	31 ± 11	1,000	21 ^a ± 6	21 ± 6	1,000	0,613
Nbj entre semis maïs –apport UREE	46 ^a ± 9	46 ± 9	1,000	47 ^a ± 1	47 ± 1	1,000	36 ^a ± 0	36 ± 0	1,000	0,640
Nbj entre semis maïs -désherbage	32 ^a ± 11	30 ± 11	0,747	33 ^a ± 15	33 ± 9	1,000	19 ^a ± 6	19 ± 5	1,000	0,372
Densité maïs (pieds/ha)	40 182 ^a ± 8 525	41 641 ± 9 766	0,755	26 458 ^a ± 7229	31 875 ± 751	0,003*	28 854 ^a ± 13 700	29 375 ± 6 042	0,968	0,065
Densité niébé (poquets/ha)	19 948 ^a ± 5 290	-	-	13 681 ^a ± 732	-	-	14 583 ^a ± 4 125	-	-	0,129
Rdt maïs grain (kg/ha)	1 711 ^a ± 695	2 270 ± 699	0,131	774 ^b ± 137	1 442 ± 279	0,083	444 ^b ± 146	737 ± 96	0,174	0,027
Rdt maïs tige (kg/ha)	2 458 ^a ± 608	2 577 ± 683	0,720	1 498 ^a ± 203	1 739 ± 140	0,257	2 175 ^a ± 454	2 284 ± 150	0,787	0,070
Rdt niébé grain (kg/ha)	300 ^a ± 248	-	-	293 ^a ± 57	-	-	132 ^a ± 3	-	-	0,603
Rdt niébé fane (kg/ha)	686 ^a ± 422	-	-	414 ^a ± 39	-	-	316 ^a ± 33	-	-	0,330
Temps de travail (j/ha)	38 ^a ± 139	29 ± 21	0,358	46 ^a ± 11	41 ± 7	0,587	48 ^a ± 34	46 ± 22	0,957	0,661
Produit brut (FCFA/ha)	335 531 ^a ± 71 186	296 621 ± 89 771	0,353	198 176 ^b ± 22 196	188 924 ± 35 585	0,819	115 200 ^b ± 19 646	103 512 ± 12 739	0,598	0,002
Charge brute (FCFA/ha)	96 782 ^a ± 32 719	95 019 ± 34 459	0,924	107 763 ^a ± 15 015	87 306 ± 1 841	0,082	124 971 ^a ± 29 657	112 971 ± 30 971	0,779	0,464
Marge brute (FCFA/ha)	262 945 ^a ± 45 286	201 601 ± 80 194	0,081	90 413 ^b ± 32 850	101 618 ± 36 863	0,800	-9 770 ± 10 011	-9 459 ± 18 232	0,989	< 0,0001
Marge brute par jour de travail (FCFA/j)	8 291 ^a ± 4 301	6 614 ^a ± 4 316	0,503	2 109 ^b ± 1 217	3 094 ± 1 714	0,623	-173 ^b ± 86,25	-21 ± 386	0,735	0,022

Légende

P₀>F= probabilité pour la comparaison des pratiques de cultures associées des classes G1, G2 et G3;

P₁>F= probabilité pour la comparaison des cultures pures et cultures associées de la classe G1;

P₂>F= probabilité pour la comparaison des cultures pures et cultures associées de la classe G2;

P₃>F= probabilité pour la comparaison des cultures pures et cultures associées de la classe G3;

Test de Newman-Keuls au seuil de 5% et 10%; Significatif si P< 0,05

Les valeurs des variables des associations maïs/niébé suivies d'une même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes

*densité de maïs significativement différente entre l'association maïs/niébé et la culture pure de maïs pour la classe G2.

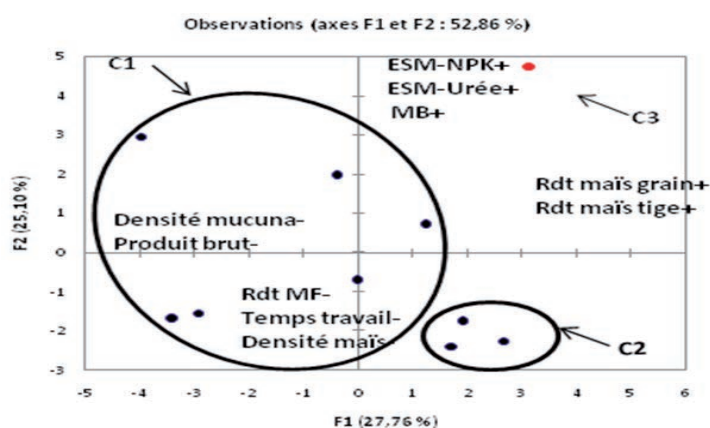


Figure 3: Carte de représentation des individus pour l'association maïs/mucuna selon les deux axes principaux de l'ACP.

Légende: Rdt= rendement; MF= mucuna fane; MB= marge brute; ESM-Urée= Ecart entre le semis du maïs et l'apport d'urée; ESM-NPK= Ecart entre le semis du maïs et l'apport de NPK.

variables associées à l'axe 1 sont, l'écart entre le semis et les apports du NPK et de l'urée, la densité du maïs, le rendement en fane du mucuna, le temps de travail et la marge brute.

Les variables associées à l'axe 2 sont la densité du mucuna, le rendement en grain et en tige du maïs et le produit brut. La CAH a permis de définir 3 classes (C1, C2 et C3) de producteurs (la classe C3, ne comptant qu'un producteur n'a pas été considérée). C1 regroupe 6 producteurs ayant obtenu les meilleures performances techniques et économiques, grâce à des semis précoces et malgré des densités de maïs et légumineuses plus faibles que C2.

C2 regroupe 3 producteurs avec des résultats moyens ayant semés tardivement le maïs et le mucuna. L'ANOVA réalisée sur les données des classes C1 et

Tableau 2
Classification des producteurs suivant la diversité des itinéraires techniques de l'association maïs/mucuna et comparaison des performances technico-économiques

Classe	C1 (n= 6)			C2 (n= 3)			C1/C2 $P_0 > F$
	Maïs/mucuna	Maïs	$P_1 > F$	Maïs/mucuna	Maïs	$P_2 > F$	
Age champ (an)	14 ^a ± 10	14 ± 10	1,000	16 ^a ± 11	16 ± 11	1,000	0,711
Date labour	09/06 ^a ± 17	09/06 ± 17	1,000	12/07 ^b ± 17	12/07 ± 17	1,000	0,027
Date semis maïs	13/06 ^a ± 15	13/06 ± 15	1,000	15/07 ^b ± 17	15/07 ± 17	1,000	0,023
Nbj entre semis maïs et mucuna	31 ^a ± 4	-	-	31 ^a ± 0	-	-	0,886
Nbj entre semis maïs -apport NPK	31 ^a ± 8	31 ± 8	1,000	15 ^b ± 4	17 ± 7	0,788	0,022
Nbj entre semis maïs -apport UREE	49 ^a ± 8	49 ± 8	1,000	26 ^a ± 18	26 ± 18	1,000	0,063
Nbj entre semis maïs -désherbage	32 ^a ± 17	32 ± 17	1,000	25 ^a ± 12	25 ± 12	1,000	0,570
Densité maïs (pieds/ha)	32 083 ^b ± 4 286	35 903 ± 5 418	0,205	44 444 ^a ± 4 137	51 042 ± 4 926	0,150	0,004
Densité mucuna (poquets/ha)	14 514 ^a ± 5 262	-	-	16 181 ^a ± 3 438	-	-	0,639
Rendement maïs grain (kg/ha)	1 396 ^a ± 401	1 736 ± 644	0,298	1 044 ^a ± 87	1 553 ± 460	0,133	0,189
Rendement maïs tige (kg/ha)	1 575 ^a ± 286	1 761 ± 337	0,327	1727 ^a ± 357	2 107 ± 382	0,277	0,509
Rendement mucuna fane (kg/ha)	699 ^a ± 528	-	-	276 ^a ± 79	-	-	0,223
Rendement mucuna grain (kg/ha)	366,67 ^a ± 196,64	-	-	233 ^a ± 115	-	-	0,323
Temps de travail (j/ha)	31 ^a ± 9	29 ± 8	0,660	63 ^a ± 57	60 ± 53	0,962	0,199
Produit brut (FCFA/ha)	272 401 ^a ± 35 789	225 842 ± 81 312	0,228	187 956 ^b ± 9 956	204 666 ± 55 718	0,636	0,006
Charge brute (FCFA/ha)	71 628 ^a ± 34 242	74 931 ± 10 046	0,825	62 213 ^a ± 49 076	81 261 ± 25 282	0,582	0,743
Marge brute (FCFA/ha)	200 773 ^a ± 57 652	150 911 ± 77 903	0,236	125 743 ^a ± 48 570	123 405 ± 31 268	0,947	0,096
Marge brute par jour de travail (FCFA/j)	6 660 ^a ± 1 689	5 518 ± 3 113	0,448	2 728 ^b ± 1 347	2 846 ± 1 379	0,921	0,010

Légende:

$P_0 > F$ = probabilité pour la comparaison des pratiques de cultures associées des classes C1 et C2;

$P_1 > F$ = probabilité pour la comparaison des cultures pures et cultures associées de la classe C1;

$P_2 > F$ = probabilité pour la comparaison des cultures pures et cultures associées de la classe C2;

Test de Newman-Keuls au seuil de 5% et 10%; Test significatif si $P < 0,05$.

Les valeurs des variables des associations maïs/mucuna suivies d'une même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes.

C2 (Tableau 2) indiquent une différence significative au seuil de 5% entre les valeurs des dates de labour et de semis, la densité du maïs, le produit brut et la productivité du travail. La différence n'est pas significative entre les valeurs des autres variables.

2. Analyse des performances technico-économiques des associations comparées à la culture pure du maïs

Les données des temps de travaux (Tableaux 1 & 2) indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'association du maïs/niébé ou maïs/mucuna et la culture pure du maïs.

Les agriculteurs expérimentateurs des classes G1, G2 et G3 pour l'association maïs/niébé, ont pratiqué des densités de maïs plus élevées (différence significative au seuil de 5% uniquement pour la classe G2) sur les parcelles de culture pure de maïs comparées aux parcelles de cultures associées.

Les agriculteurs expérimentateurs des classes C1 et C2 pour l'association maïs/mucuna, ont également pratiqué des densités de maïs légèrement plus élevées (différence non significative au seuil de 5%) sur les parcelles de culture pure de maïs comparées aux parcelles de cultures associées.

Les densités plus faibles appliquées pour le maïs dans les parcelles de cultures associées, n'ont pas influencé significativement les rendements en grain et en tige comparativement à la culture pure de cette spéculation (au seuil de 5 et 10%).

Pour l'association maïs/niébé, le rendement en biomasse totale (paille + fane) des cultures associées est supérieur à celui de la culture pure du maïs (différence significative au seuil de 10% pour la classe G1). Il en est de même pour la classe C1 pour l'association maïs/mucuna. La biomasse totale de l'association maïs/mucuna est faible par rapport à celle de la culture pure du maïs pour la classe C2.

Les produits bruts, les charges, les marges brutes et les marges par journée de travail obtenues avec les cultures associées ne sont pas significativement différentes de ceux obtenus avec la culture pure du maïs (Tableaux 1 & 2).

Discussion

L'analyse de la diversité des itinéraires techniques des associations maïs/légumineuse montre que les meilleurs rendements et les marges brutes les plus élevées sont obtenus par les producteurs ayant effectué des labours et des semis précoces et observé des densités de peuplement les plus élevées. Les performances des associations maïs/légumineuse semblent dépendre principalement des dates de labour, de semis, de sarclage et d'apport d'engrais et de la densité de peuplement. Les itinéraires techniques qui permettent d'obtenir les meilleurs résultats correspondent à ceux appliqués par le groupe G1 pour l'association maïs/niébé et par le

groupe C1 pour l'association maïs/mucuna. On note également que l'âge de mise en culture de la parcelle influence les rendements de la céréale associée à la légumineuse. Cela peut s'expliquer par le fait que la culture continue des champs entraîne la baisse de la fertilité des sols (8). Nos résultats confirment donc l'importance du niveau de fertilité des sols sur le niveau des performances des associations maïs/légumineuses.

Les données sur les densités montrent que sur les parcelles à plus forte populations de plantes de maïs par unité de surface, les rendements sont meilleurs dans le cas de l'association maïs/niébé. Pour l'association maïs/mucuna, ce sont les parcelles qui présentent les plus faibles densités de peuplement qui donnent les meilleurs rendements. On pourrait dire que le niébé est moins concurrentiel que le mucuna car les meilleurs rendements sont obtenus pour les fortes densités de maïs et de niébé associés.

L'analyse des temps de travaux ne révèle pas de différence significative entre la culture pure du maïs et l'association maïs/légumineuses. Cela peut s'expliquer par le fait que l'opération de buttage réalisée sur la parcelle de culture pure du maïs a été remplacée par les opérations liées à l'insertion de la légumineuse dans la parcelle de cultures associées. On peut expliquer ces résultats aussi par le fait que sur les parcelles de culture pure, les sarclages mécanique et manuel ont été effectués tandis que le sarclage mécanique a été très peu réalisé sur les parcelles d'association.

Les résultats sur les rendements montrent que l'association de la légumineuse au maïs entraîne une baisse de rendement du maïs par rapport à sa culture pure, mais de façon non significative aux seuils de 5 et 10%. Les baisses de rendement des cultures associées par rapport aux cultures pures ont été observées au Bénin (1) et au Burkina Faso (14). Les résultats de Segda *et al.* (12) indiquent une baisse de 9% de rendement de matière sèche du sorgho associé au mucuna par rapport à la culture pure et une baisse pour le maïs associé au mucuna de 50% par rapport à la culture pure. Les données d'Azontondé (1) indiquent qu'en 1988 le rendement grain du maïs était de 1300 kg/ha en culture pure et de 200 kg/ha en association avec le mucuna et que 5 ans après (en 1993) le rendement grain du maïs en association (2800 kg/ha) avec le mucuna est supérieur à celui obtenu en culture pure (600 kg/ha). L'association du mucuna au maïs semble donc se traduire par une amélioration du rendement de la céréale avec le nombre d'années pendant lesquelles l'association est pratiquée. Les données de notre étude peuvent s'expliquer par la plus faible densité de peuplement du maïs sur les parcelles d'association comparée à celle des parcelles de culture pure. Nos résultats, comme ceux de Nchoutnji *et al.* (10), montrent que les associations permettent une augmentation significative (au seuil de 10%) de la biomasse aérienne (paille et fane cumulées) par

rapport à la culture pure pour les itinéraires techniques performants (cas des classes G1 et C1). Cela est un atout dans la mesure où des auteurs (9) préconisent pour des milieux où les sols sont pauvres du fait de leur surexploitation et où il manque du fourrage pour les animaux, les associations de cultures vivrières avec les légumineuses pour assurer la sécurité fourragère (production de fourrages), la sécurité alimentaire (production de vivrier) et améliorer la fertilité des sols. L'analyse économique indique qu'il n'y a pas de différence significative entre la culture pure du maïs et l'association maïs/légumineuse. L'augmentation substantielle de marge brute avec les associations par rapport à la culture pure du maïs, peut s'expliquer par la production supplémentaire de grain par les légumineuses associées au maïs.

On peut retenir de ces expérimentations conduites en milieu paysan que les associations maïs/légumineuses sont des pratiques novatrices pour les producteurs qui permettraient de mieux gérer l'espace cultivable (de plus en plus rare) et de contribuer à améliorer la fertilité du sol par la fixation symbiotique de l'azote de l'air par la légumineuse.

Durant les réunions de restitution des résultats, les producteurs ont relevé des contraintes liées aux associations. Pour l'association maïs/niébé, ces contraintes concernent d'une part le traitement insecticide du niébé qui est très difficile avec les pieds de maïs qui sont hauts et d'autre part à la pénibilité de la récolte du niébé du fait de la chaleur qui prévaut là où il est cultivé avec le maïs. Pour l'association maïs/mucuna, la contrainte est liée au fait que le mucuna aurait grimpé sur les tiges du maïs rendant la récolte des épis difficile.

Conclusion

L'étude révèle que les légumineuses peuvent être associées au maïs sans nécessiter un temps de travail

supplémentaire important et sans que les rendements du maïs ne soient affectés significativement. Il ressort également de l'étude que sur la sole d'association maïs/légumineuse, la biomasse produite peut être augmentée de plus 22% comparativement à la sole de culture pure de maïs. La classe G1 (association maïs/niébé) qui présente un itinéraire technique performant, se caractérise par une densité de peuplement et des rendements élevés en maïs et un produit brut, une marge brute et une productivité de travail importants par rapport aux classes G2 et G3. La classe C1 (association maïs/mucuna) se caractérise par une date de semis précoce, des rendements grains en maïs et en mucuna, un produit brut et une productivité de travail élevés par rapport à C2. En termes de quantité de fourrage produite, de l'aspect alimentation humaine des grains de niébé et de la marge brute dégagée, on peut conclure que l'association maïs/niébé (non pratiquée dans la zone d'étude) présente plus d'intérêt que celle avec le mucuna. Il est à noter également que ce sont les densités plus faibles en association maïs/mucuna qui permettraient d'obtenir les meilleurs rendements, et inversement pour les associations maïs/niébé ce sont les fortes densités qui permettraient d'avoir les meilleurs rendements. La pénibilité du traitement insecticide du niébé à l'intérieur du maïs pourrait constituer une limitation à la mise en place d'associations maïs/légumineuse. Toutefois, les résultats obtenus augurent de perspectives intéressantes pour faire face aux contraintes d'espace et de baisse de la fertilité des sols.

Remerciements

Les auteurs remercient la Délégation de l'Union Européenne qui a financé le projet Fertipartenaires et les acteurs impliqués dans le projet.

Références bibliographiques

1. Azontondé A., 1993, Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. Cah. Orst. Sér. Pédol. 28, 217-226.
2. Bado B.V., 2002, Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat: Université Laval-Québec.
3. Badolo H., 2009, Monographie de la région des Hauts Bassins. Ministère de l'Economie et des Finances, Ouagadougou, Burkina Faso.
4. Carsky R.J., Douthwaite B., Manyong V.M., Sanginga N., Schulz S., Vanlauwe B., Diels J. & Keatinge J.D.H., 2003, Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines. Cah. Agr. 12, 227-233.
5. Chia E., 2004, Principes, méthodes de la recherche en partenariat: une proposition pour la traction animale. Élev. Méd. Vét. Pays Trop. 3 & 4, 233-240.
6. Drabo I., Ilboudo F., Ouoba P. & Langani Y., 2003, Dynamique des populations, disponibilité en terres et adaptation des régimes fonciers: le Burkina Faso, une étude de cas. Ouagadougou: INSS-INSD.
7. Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD) et Direction des Etudes et de la Planification (DEP), 2004, Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel (ENEC II). Burkina Faso: Ministère de l'économie et du développement & Ministère des ressources animales.
8. Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N. & Bondé D., 2010, Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. Tropicultura, 28, 3, 184-189.
9. Mohamed-Saleem M.A. & Otsyina R.M., 1986, Fodder banks: for pastoralists or farmers, in: I. Haque, S. Jutzi, & P.J.H. Neatle (editors), Potentials of forage legumes in forming systems of Sub-Saharan Africa. Proc. Workshop ILCA, 16-19 September, 1985, Addis-Abeba, Ethiopia, 212-231.
10. Nchoutnji I., Dongmo A.L., Mbiandoun M. & Dugué P., 2010, Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs: cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun. Tropicultura, 28, 3, 133-138.
11. Sédogo M.P., 1981, Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de doctorat : Université de Nancy- France.
12. Segda Z., Hien V. & Becker M., 2000, *Mucuna cochinchinensis* dans les systèmes d'association et de rotation culturale au Burkina Faso, in: Ch. Florent, R. Pontanie (éditeurs). La jachère en Afrique tropicale. John Libbey-Eurotext. Paris: 622-627.

13. Some N.A., Traoré K., Traoré O. & Tassebedo M., 2007, Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp. dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11, 245-252.
14. Traoré K., Bado B.V. & Hien V., 1999, Effet du mucuna sur la productivité du maïs et du coton pp. 33-39, *in*: R.J. Carsky, A.C. Etéka, J.D.H. Keatinge & V.M. Manyong (éditeurs), *Plantes de couverture et gestion des ressources naturelles en Afrique occidentale Actes de l'atelier*, 26-29 Octobre, 1999, IITA, Ciepca, Cotonou (Benin), 316 p.
15. Vall E., 2009, Diversité, pratiques agropastorales, relations d'échanges et de conflits, productivité et sécurité alimentaire dans les exploitations agropastorales de la province du Tuy (Burkina Faso). Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone sub-humide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
-

K. Coulibaly, Burkinabé, Ingénieur agronome, Chercheur (doctorant) au Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES), 01 B.P. 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

Tél.: (226) 20 97 20 53/20 97 26 38, Fax: (226) 20 97 23 20 Email: kalifacoul1@yahoo.fr

E. Vall, Français, Zootechnicien, Chercheur au Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France. TA 30/B 34398 Montpellier, Cedex 5, France. Email: eric.vall@cirad.fr

P. Autfray, Français, Agronome, Chercheur au Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France. TA 01/07 34398 Montpellier, Cedex 5, France. Email: patrice.autfray@cirad.fr

P.M. Sedogo, Burkinabé, Agropédologue, Directeur de recherche à l'Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), 01 B.P. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso. Email: michel_sedogo@yahoo.fr

Promoting the Adoption of Innovations through Participatory Approaches: Example from Northern Nigeria

T. Abdoulaye¹, P.S. Amaza², A.S. Olanrewaju¹ & J. Ellis-Jones³

Keywords: Research for development- Technology adoption- Food security- Regression- Participatory approaches- Nigeria

Summary

Participatory research and development approaches involving all stakeholders along the value chain have recently been hypothesized to produce quicker outcomes than the linear technology transfer model. This paper analyzed the crop yield obtained by farmers and their uptake of improved technologies in a 2009 survey, one year after the completion of project field activities. It was a multi-stakeholder project involving research, extension, farmer groups, marketers and policymakers, that operated for 4 years (2005-2008) in Borno state of Nigeria. Survey results indicated that farmers who participated in project activities' have been successful in increasing crop yields. Both yields and per capita production of major crops were statistically significantly higher ($p \leq 0.05$) in project communities compared to non-project ones. It is also estimated that there was a decline in percentage of households in food insecurity situation in project communities. Probit regression revealed that participation in project activities had a positive and significant effect on household food security ($p \leq 0.05$). It is then concluded that development interventions that involve multiple stakeholder partnership, use of participatory research and extension approach can help increase technology uptake among resource-poor farmers as well as increase food production and food security in a region.

Résumé

Approche participative pour la promotion de l'adoption des innovations: cas du nord du Nigeria

Les approches participatives de recherche et développement impliquant tous les acteurs le long de la chaîne de valeur sont supposées produire des résultats beaucoup plus rapidement que le modèle linéaire de transfert de technologie. Cet article a analysé les rendements des producteurs et leur adoption de technologies améliorées à travers les résultats d'une enquête en 2009 dans la zone d'un projet, un an après l'achèvement des activités de terrain. C'était un projet à multiple acteurs impliquant la recherche, la vulgarisation, les groupes d'agriculteurs, les commerçants et les décideurs, qui ont fonctionné pendant 4 ans (2005-2008) dans l'Etat de Borno au Nigeria. Les résultats ont indiqué que les agriculteurs qui ont participé aux activités du projet ont réussi à augmenter les rendements des cultures. Les rendements et la production par habitant des principales cultures étaient significativement plus élevés ($p \leq 0,05$) dans les villages du projet par rapport à ceux qui n'étaient pas liés au projet. Il est également estimé qu'il y avait une baisse du pourcentage de ménages en situation d'insécurité alimentaire dans les communautés ayant travaillé avec le projet. Les résultats du modèle de régression, Probit, ont révélé que la participation aux activités du projet a eu un effet positif et significatif sur la sécurité alimentaire des ménages ($p \leq 0,05$). On a alors conclu que les interventions de recherche-développement qui impliquent un partenariat à multiple acteurs et l'utilisation d'une approche participative de recherche-vulgarisation peuvent aider à augmenter l'adoption des technologies chez les producteurs pauvres ainsi que l'augmentation de la production alimentaire et la sécurité alimentaire dans une région.

Introduction

Agricultural development interventions in rural Africa were based for several decades on telling farmers and communities what to do and what technologies to adopt by researchers and institutions that had not bothered to understand their most important needs

(8). This top-down and linear transfer of technology model has failed to yield desirable outcomes in technology uptakes and productivity enhancement among smallholder farmers in sub-Saharan Africa (4). However, in recent years, participatory research and

¹International Institute of Tropical Agriculture (IITA), P.M.B. 5320, Dugbe, Ibadan, Nigeria. Tel: +234 8070712736, Email: T.Abdoulaye@cgiar.org

²Department of Agricultural Economics and Extension, University of Maiduguri, Nigeria.

³Agriculture-4-Development, Silsoe Research Institute, United Kingdom.

Received on 21.05.12 and accepted for publication on 06.07.12.

development approaches involving all stakeholders along the technology development value chain have been hypothesized to lead to quicker outcomes compared to the linear model of technology transfer and other conventional approaches (10).

The participatory research and development approach brings together elements of the transfer of technology model (13) and the farmer first model (3) to provide a more holistic approach that is assumed to enhance speedy achievement of desirable research outcomes in the rate of technology adoption and agricultural productivity enhancement. The use of participatory approaches in agricultural development is assumed to offer far-reaching benefits to all stakeholders in agricultural research and development, and some authors have even argued that the approach fosters greater efficiency and effectiveness of research investment and contributes to a process of empowerment of rural farmers (5).

Drawing example from a multi-stakeholder project that was implemented in Borno State, Nigeria from 2005 to 2008, this paper contributes to the discussions on the relevance of the use of participatory approaches to promote the development and dissemination of pro-poor agricultural technologies among resource poor farmers in sub-Saharan Africa. The remaining part of the paper discusses details on the Borno State's participatory research and extension approach, materials and methods for the collection and analysis of the case study data, and a result and discussion section on outcomes from the multi-stakeholder projects.

Overview of the Borno state's participatory research and extension approach

The specific objectives of the project were to contribute to improved and sustainable agricultural production through the transfer of improved agricultural technologies and management practices to both male and female farmers. The project used an approach which was termed 'innovations systems approach'. The innovation systems approach followed the work of Barnett (2). It aims to better integrate the supply 'push' of research and the demand 'pull' of farmers, improving the flow of information between the two by strengthening the capacity of partners in the public sector, private sector and civil society to work together to achieve project objectives. The innovations systems' approach attempted to enhance the capacity of potential adopters to source, evaluate and apply information in adoption decision-making. The fulcrum of the model includes an attempt to do less of farmers' teaching, discourage single ownership of research products by researchers, and eliminates the inflexibility that characterizes the linear and top-down transfer of technology model.

Central to this approach was the development of strong partnerships to build "innovation platforms" that was comprised of the key partners to address

constraints and needs identified by communities in the project area. Partners included the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan; the International Livestock Research Institute (ILRI), Addis Ababa; the University of Maiduguri (UNIMAID), Nigeria; the Borno State Agricultural Development Programme (BOSADP), Nigeria; and Community Research Empowerment for Development (CRED) which is a non-governmental organization. There was also the recognition of the role of farmers, their needs and abilities as being important to any intervention. This involved a facilitation process linking researchers, extension workers and farmer groups allowing farmers to prioritize their own problems; select alternative strategies to overcome these and importantly learn by doing. There was also the strengthening of both existing and newly formed community based organizations. This was undertaken through training of male and female farmer groups in organizational development to improve group cohesion, leadership, communication and importantly technical training associated with new technologies.

Materials and methods

Project implementation covered 30 communities. Data were collected from 20 randomly selected communities spread across the four LGAs in the project area, 16 of the communities were selected from the 30 communities where the project has been directly promoting improved crop technologies and better crop management practices since 2004. The remaining four communities, although within the four project LGAs, are not among the 30 project communities that were earlier identified and selected for project implementation activities. In each selected community, a random sample of 30 households was selected, which gave a total of 600 sample households (480 households in project communities and 120 households in non-project communities). The main instrument for data collection was a structured questionnaire administered on households by trained enumerators. A combination of analytical tools was employed in analysis of data. These included descriptive statistics, Cost of Calorie (CoC) food security status estimation and Probit regression techniques. The study used cost-of-calories (COC) method proposed by Greer and Thorbecke to determine a food insecurity line (7).

Results and discussion

Adoption of improved varieties

Introduction of improved crop varieties through participatory approaches was a key project output in the project implementation communities. The project focussed on four major crops, these are maize, soybean, cowpea and rice. Independent adoption studies were carried out to examine the rate of adoption of the various crops. Findings from these

studies revealed that the adoption rate for improved maize was 53% (11); soybean, 97% (9) and cowpea, 64% (6). A detailed impact study carried out in 2009 revealed that the adoption of the improved crop varieties by farmers had socioeconomic impacts on other spheres of their livelihoods such as improved crop productivity, food consumption patterns and household food security. Details on these impact areas are discussed below.

Crop productivity and food consumption patterns

Concerning per capita crop production and food consumption, significant differences existed between the project and non-project communities. Averagely, the households in the project communities produced more grains per capita for all crops except millet, which was not promoted by project (Figure 1). The major gain was made in groundnuts (a crop that farmers had

almost abandoned) and soybeans that is a relatively new crop to the area. Concerning household food consumption, data analysis revealed that the project communities consumed more maize, rice, soybeans and cowpea per capita than non-project communities (Figure 2). This is a direct consequence of the realized higher production levels of these crops by farmers in project communities. In general, per capita home consumption of soybean is quite low in the area as much of the soybeans produced were sold to market agents and industrial processors through the project market linkage.

Food insecurity lines of N2160.94 and N1748.99 were estimated for the households in project and non-project communities respectively. These food insecurity lines were expected to meet the minimum recommended daily energy level (2250 kilocalories) of an adult per month in the participating and non-

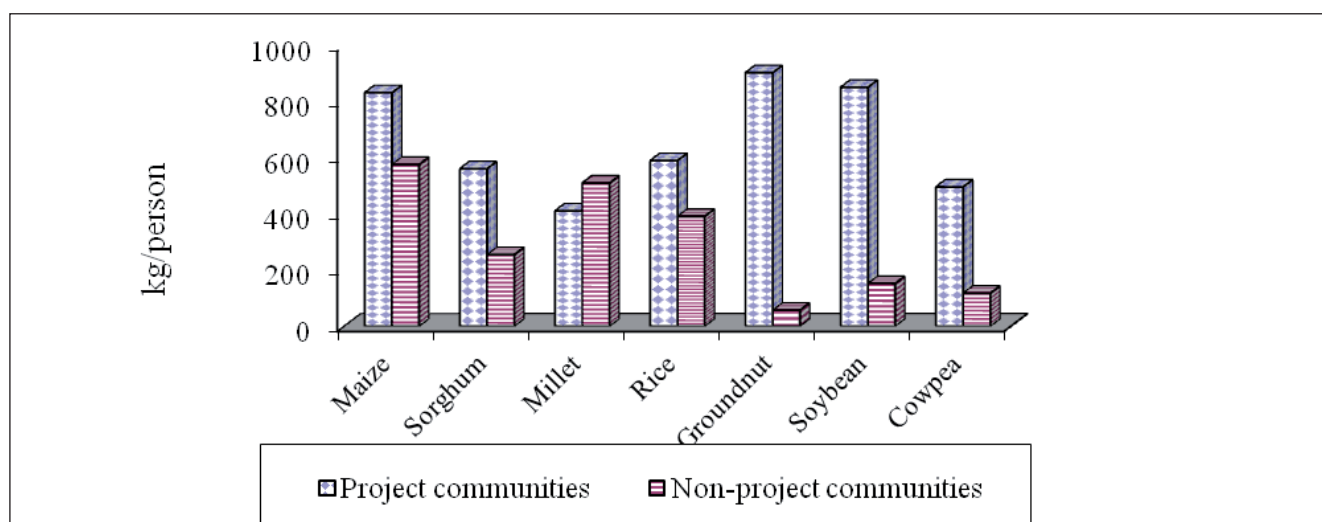


Figure 1: Per capita food production in project and non-project communities.

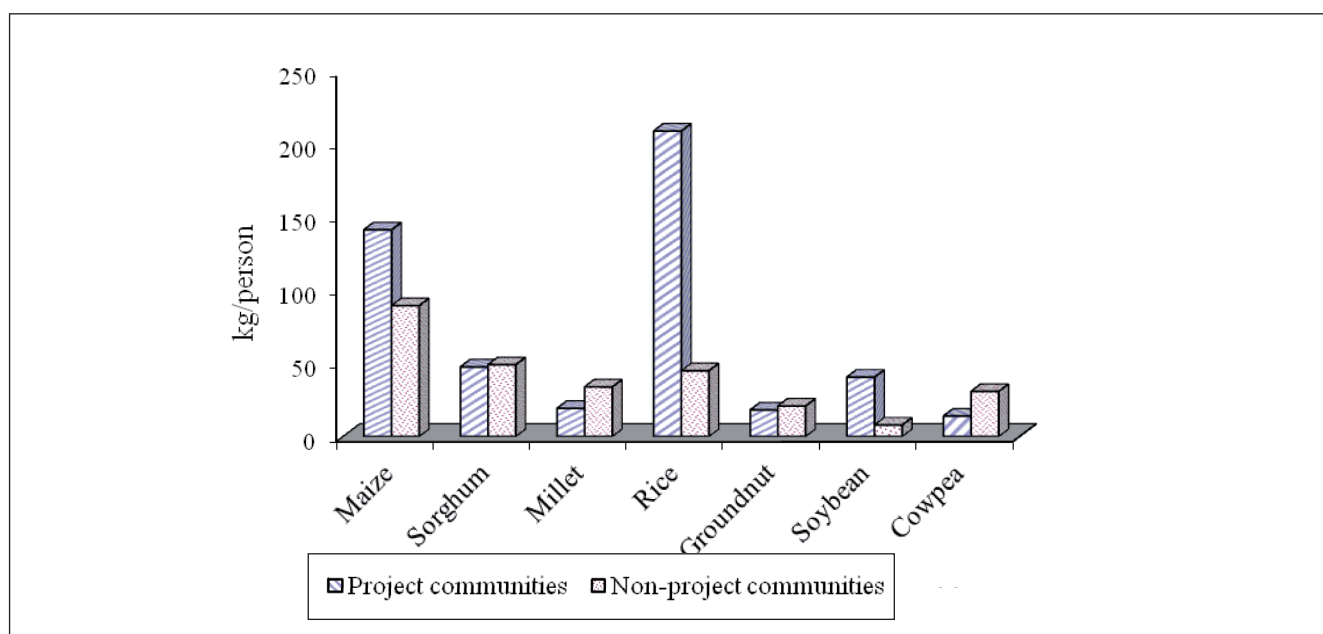


Figure 2: Per capita food consumption in project and non-project communities.

participating communities. The results of the food security measures for the project and non-project communities are compared in Table 1. Based on these food insecurity lines, 49% of households in the project communities and 61% in the non-project communities were classified as food insecure. The aggregate expenditure gap or shortfalls of the food insecure households were 51% in the project communities and 25% in the non-project communities respectively.

A comparison of the food insecurity status in the two types of communities revealed that the food insecurity level is higher in non-project communities by 12%.

Though the percentage of aggregate expenditure shortfalls is higher in project communities, the number and intensity of food insecure households was higher in the non-project communities.

A number of factors determined the food security status of the rural households. These include crop yields/ha, per capita production and consumption of major food crops by households in the project and non-project communities. Yields of major crops such as maize, rice, soybeans, cowpea and groundnuts were higher in the project communities than the non-project communities (Table 2), and the differences were statistically significant ($p \leq 0.01$). The differences were not statistically significant for millet and sorghum, which incidentally were crops on which the project did not promote any improved varieties.

At the farmer household level, per capita production was also significantly higher in the project communities for maize, rice, soybeans and cowpea. The statistically significant yield levels and per capita household production for maize, rice, soybeans and cowpea in project communities is associated with the adoption of improved varieties of these crops. The per capita consumption of maize was lower in the project communities indicating that households are selling more maize and also consuming more of other crops such as soybeans and rice. The per capita consumption of rice, soybean and cowpea was higher in project communities than in the non-project communities.

Determinants of food security in project communities

Determinants of food security in sub-Saharan Africa have been investigated by several authors. Olayemi (12) categorized factors affecting food security at the household level into three; these are the supply-side factors, demand-side factors, and stability of access to food. According to him, the stability of access to food hinges on household food and non-food production variability; household economic assets; household income variability; quality of human capital within the households; degree of producer and consumer price variability and household food storage and inventory practices.

Table 1
Food insecurity status in project and non-project communities

	Project communities	Non-project communities	Difference (%)
Food security line (Naira)	2160	1749	19
Food insecurity status (%)	49	61	12
Aggregate expenditure gap (%)	51	25	27

Source: Survey data analysis, 2009.

Table 2
Differences in average yields, per capita production and consumption of major crops in the project and non-project communities

	Crop yields (kg/ha)	Per capita production (kg/person)	Per capita consumption (kg/person)
Maize	379 (3.710**)	254 (2.044**)	-52 (-2.593**)
Sorghum	-296 (-1.585)	-306 (-1.884)	-1 (0.086)
Millet	412 (1.257)	-99 (-0.567)	-15 (-0.830)
Rice	651 (2.128**)	198 (2.681**)	164 (5.355**)
Groundnut	664 (2.332**)	845 (0.491)	-3 (-0.199)
Soybean	931 (3.469**)	698 (2.618**)	33 (3.166**)
Cowpea	220 (2.464**)	178 (2.321**)	17 (1.951**)

Source: Survey data analysis, 2009.

**Significant at 0.01; * significant at 0.05.

Note: Figures in parenthesis are t-ratio values (assuming equal variances).

In this study, the Probit regression result indicated that household size, cost of hired labour, participation in project and non-agricultural income have significant effects on the food security status of the households (Table 3). Household size had a negative and significant effect ($p \leq 0.05$). This indicated that households with large sizes had higher probabilities of being food insecure than those with smaller sizes, and vice versa.

The hired labour variable measures the amount of extra labour investment made by a given household, as expected it had a positive and significant effect of food security ($p \leq 0.05$). Amaza (1) reported that farmers that use more hired labour in food crop production tend to have the objective of profit maximization. In his opinion, the users of hired labour are also relatively more efficient in terms of allocative and economic efficiency, therefore, they are likely to be more food secure. However, farmers that rely only on family labour have the primary objective of production for subsistence.

Having additional income sources from non-

Table 3
Estimated coefficients of different factors affecting household food security

Variable	Effects on food security status	Marginal effects on food security status
	Estimated coefficients	Estimated coefficients
Size of household	-0.214** (-10.97)	-0.085
Cost of hired labor	0.00001** (2.26)	6.67e-06
Sudan savanna zone	-0.288 (-1.65)	-0.113
Northern Guinea savanna zone	0.142 (0.98)	0.056
Participation in project activities	0.4703** (2.86)	0.181
Years of farming experience	0.0082 (1.51)	0.003
Farmers' organization membership	0.271 (1.91)	0.108
Education level of household head	-0.0430 (-0.52)	-0.017
Gender	-0.310 (-1.83)	-0.123
Total area of the household farm	0.046 (1.22)	0.018
Access to credit	-0.137 (-0.84)	-0.054
Access to extension	-0.0645 (-0.44)	-0.026
Distance to nearest input shop	0.003 (0.92)	0.0011
Household assets	0.235 (0.73)	0.091
Remittances	1.16e-06 (0.52)	4.62e-07
Non-agricultural income	4.26e-06* (2.00)	1.69e-06
Constant	0.801 (1.80)	na
Number of observations	600	
LR chi2(16)	212.47	
Log likelihood	-309.53	
Pseudo R-Square	0.255	

Source: Survey data analysis, 2009.

Notes:

1. Numbers in parenthesis are Z values for each coefficient.
2. ** indicates statistical significance at 0.01 and * indicates statistical significance at 0.05.
3. na= not available.

agricultural activities also had a positive and significant effect ($p \leq 0.1$) on food security of the household.

This variable is also a proxy for household ability to purchase inputs such as inorganic fertilizers and improved seeds which are critical for increased agricultural production.

Participation in project activity also had a positive and significant effect on household food security ($p \leq 0.05$). This variable measured household participation in the

technology development and training activities of the project and revealed that participating households are more likely to be food secure than others.

This suggested that the project activities such as farmers' training on crop management practices, marketing, the adoption of improved crop varieties by farmers and linking them to inputs and output markets made a positive contribution in enhancing their probability of being food secure.

Furthermore, it was estimated from the marginal effects equation that participating in project activity increased the probability of being food secure by 18%. However, increase in household size reduced chances of being food secure by about 8%. This indicated that households with large sizes had higher probabilities of being food insecure than those with smaller sizes and vice versa.

Conclusion

The multi-stakeholder project was successful in increasing adoption of new technologies and crops yields in the communities where it was implemented. The following empirical observations and policy recommendations are made to reduce food insecurity on a larger and sustainable scale. First, a large household was observed to be more food insecure in both project and non-project communities. Therefore government should give adequate priority and attention to policy measures directed towards the provision of better family planning. In view of this, education encompassing training which brings about behavioural changes is important for households in the study area. Second, having additional income from non-agricultural activities also had a positive impact on food security of the households. This additional income increased households' ability to purchase inputs such as inorganic fertilizers and improved seeds, which are critical to increased agricultural production. Hence, policy should facilitate improved household access to micro-credit to facilitate input purchase. Third, outcomes from the project's training activities revealed that participating households are more likely to be food secure. This suggested that capacity building activities including the use of participatory approaches to support farmers in solving their own problems with improved links to inputs and output markets should be encouraged to promote food security.

Acknowledgement

The authors are grateful to Drs. A. Tegbaru and A.Y. Kamara for their contributions to the success of the project. Dr. A. Tegbaru was the Project Manager and Dr. A.Y. Kamara was the Systems Agronomist that supervised and coordinated on-farm trials and all field activities.

Literature

1. Amaza P.S., 2000, Resource-use efficiency in food crop production in Gombe State, Nigeria. Unpublished Ph.D. Thesis. University of Ibadan. Nigeria. 187 p.
2. Barnett A., 2006, Journeying from research to innovation: Lessons from the UK Department for International Development's Crop Post-Harvest Research Programme – "Partnerships for Development"- Final Report, march 2006. <http://www.thepolicypractice.com/papersdetails.asp?code=1>. Accessed, April 2009.
3. Chambers R., Pacey A. & Thrupp L.A., 1989, Farmer first: farmer innovation and agricultural research. Intermediate Technology Publications, London, 218 p.
4. FAO,1990, Report of the global consultation on agricultural extension. A proceeding of an international expert meeting held in Rome, 4-8 December 1989. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy.
5. Friss-Hansen E. & Sthapit B., 2000, Concepts and rationale of participatory approaches to conservation and use of plant genetic resources pp. 16-21 in: E. Friss-Hansen & B. Sthapit, (Editors), Participatory approaches to the conservation and use of plant genetic resources, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 214 p.
6. Gabdo B., 2008, Analysis of farmers' adoption of improved dual purpose cowpea in Damboa local government area, Borno state, Nigeria. Unpublished M.Sc. thesis, Department of Agricultural Economics & Extension, University of Maiduguri, Nigeria. 86 p.
7. Greer J. & Thorbecke E., 1986, Food poverty profile applied to Kenyan smallholders. *Econ. Dev. and Cultural Change*, **35**,1,115-142.
8. Hagmann J., Chuma E., Murwira K. & Connolly M., 1999, Putting process into practice: operationalising participatory extension. Overseas Development Institute. Working paper n° 94.
9. Idrisa Y., 2009, Determinants of soybean production technology adoption by farmers in southern Borno State, Nigeria. Unpublished PhD thesis, Department of Agricultural Economics & Extension, University of Maiduguri, Nigeria. 120 p.
10. Johnson N.L., Lilja N. & Ashby J.A., 2003, Measuring the impact of user participation in agricultural and natural resource management research. *Agric. Syst.* **78**, 287-306.
11. Kwache A., 2008, Factors influencing the adoption of improved maize varieties in the Guinea savannas of Borno state, Nigeria. Unpublished M.Sc. thesis, Department of Agricultural Economics & Extension, University of Maiduguri, Nigeria. 62 p.
12. Olayemi J.K., 1998, Food security in Nigeria, research report N° 2. Development Policy Centre, Ibadan, Nigeria, 85 p.
13. Rogers E.M., 1983, Diffusion of innovations (3rd edition). Free Press, New York, 454 p.

T. Abdoulaye, Nigerian, Ph.D., Agricultural Economics, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

P.S. Amaza, Nigerian, Ph.D., Agricultural Economics, University of Maiduguri, Nigeria.

A.S. Olanrewaju, Nigerian, Ph.D., Rural Sociology, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

J. Ellis-Jones, British, Ph.D., Agricultural Economics, Silsoe Research Institute, United Kingdom.

Performances zootechniques de lapereaux recevant des aliments granulés contenant du *Pueraria phaseoloides*

A. Akoutey^{1*} & M. Kpodekon^{1,2}

Keywords: *Pueraria phaseoloides*- Feed- Rabbit- Growth performances- Benin

Résumé

Une étude effectuée sur 72 lapereaux de race locale du Bénin, sevrés à l'âge de 35 jours a permis d'évaluer les performances zootechniques de régimes contenant *Pueraria phaseoloides* (*Pueraria*). Les régimes contenaient $167 \pm 0,26$; $142 \pm 0,04$ et $143 \pm 0,1$ g de protéine brute et $112 \pm 0,29$; $148 \pm 0,24$ et $181 \pm 0,59$ g de cellulose brute par kg de MS respectivement pour les régimes ne contenant pas de *Pueraria* (R0) et ceux contenant 20% de *Pueraria* (R20) et 40% de *Pueraria* (R40). Les consommations d'aliment par tête et par jour ont été de $79,9 \pm 4,2$; $75,7 \pm 2,2$ et $74,1 \pm 1,6$ g pour les lapins élevés pendant la saison des pluies et de $80,6 \pm 4,7$; $76,2 \pm 2,4$ et $75,5 \pm 1,4$ g pour les lapins élevés pendant la saison sèche respectivement pour R0, R20 et R40. Elles n'ont pas présenté de différence significative au seuil de 5%. Le gain de poids moyen en fin d'essai a été, pour les lapins élevés pendant la saison des pluies, de 1282 ± 15 g pour les lapereaux nourris avec R0, 1480 ± 47 g pour ceux nourris avec R20 et 1173 ± 2 g pour ceux nourris avec R40. Ceux élevés pendant la saison sèche ont eu un gain de poids moyen de 1331 ± 45 ; 1485 ± 66 et 1196 ± 11 g. L'indice de consommation des lapins élevés pendant la saison des pluies a été de $3,57 \pm 0,08$ g; $2,94 \pm 0,12$ g et $3,6 \pm 0,08$ g de produit brut par 1 g PV pour les mêmes groupes de lapereaux. Pour les lapins élevés pendant la saison sèche, il a été de $3,59 \pm 0,1$ g; $2,9 \pm 0,12$ g et $3,58 \pm 0,06$ g. L'étude révèle que les animaux nourris au régime contenant 20% de *Pueraria* ont présenté les meilleures performances zootechniques.

Summary

Animal Performance of Rabbits Receiving Granulated Feed Based on *Pueraria Phaseoloides*

A study was conducted on 72 rabbits of local breed of Benin, weaned at 35 days, to evaluate animal performance with feed containing *Pueraria phaseoloides* (*Pueraria*). Feed composition was 167 ± 0.26 , 142 ± 0.04 and 143 ± 0.1 g of crude protein and 112 ± 0.29 , 148 ± 0.24 and 181 ± 0.59 g of crud fibre per kg of DM, respectively, for feed without *Pueraria* (R0), feed with 20% *Pueraria* (R20) and feed with 40% *Pueraria* (R40). In rainy season, per rabbit and per day, feed consumption was 79.9 ± 4.2 ; 75.7 ± 2.2 and 74.1 ± 1.6 g respectively for R0, R20 and R40. In dry season, feed consumption was 80.6 ± 4.7 ; 76.2 ± 2.4 and 75.5 ± 1.4 g. They presented no significant difference at 5%. The average weight at the end of the study was, in rain season, 1307 ± 22 g, 1482 ± 42 g and 1184 ± 17 g respectively for rabbit feed with R0, R20 and R40. In dry season, the average weight was 1331 ± 45 , 1485 ± 66 and 1196 ± 11 g. The average feed efficiency for the experimental period was, in rain season, 3.57 ± 0.08 g; 2.94 ± 0.12 g and 3.6 ± 0.08 g and in dry season, 3.59 ± 0.1 g; 2.9 ± 0.12 g and 3.58 ± 0.06 g of crude product by 1 g bodyweight for the same groups of young rabbits. The study found that animals fed with a diet containing 20% of *Pueraria* had the best animal performance.

Introduction

Au Bénin, la production annuelle de viande de lapin est passée de 4 tonnes en 1993 à 240 tonnes en 2005 (1). En 1987, le Bénin ne comptait que 214 élevages cunicoles (14) possédant chacun en moyenne 17 sujets (15). Depuis une quinzaine d'années, le CECURI mène des travaux de recherches pour mettre au point des aliments complets capables de couvrir les besoins des lapins élevés au Bénin. Des régimes de lapereaux sevrés et mis en engraissement ont été ensuite mis au point (3, 6, 8, 11, 14). Afin de réduire le coût de production de la viande de lapin, le CECURI s'intéresse aujourd'hui à l'évaluation de la valeur nutritive et des effets sur les performances zootechniques et la santé

des plantes de zones tropicales adaptées au climat du Bénin et utilisable dans l'alimentation du lapin. L'effectif des éleveurs de lapins est passé en 2004 à 700 cuniculteurs professionnels au Sud du Bénin (1). Cette spéculation fait actuellement vivre 7000 personnes (1).

Le développement de la cuniculture nécessite des études dans un ensemble plus vaste de domaines tels que la génétique, la pathologie, l'alimentation. Les lapins valorisent plusieurs plantes, produits et sous-produits agricoles (16). L'introduction de plantes fourragères comme ingrédient dans l'aliment

¹Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) – Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Unité de Recherche Cunicole et Cavicole (URCC), 01 BP 2009 Cotonou, Bénin.

²Centre Cunicole de Recherche et d'Information (CECURI), 01 BP 2009 Cotonou, Bénin.

Correspondance: Email: manakout@yahoo.fr; Tel: (+299) 95863062

Reçu le 27.09.10 et accepté pour publication le 16.07.12.

complet et granulé du lapin est un élément important dans le développement technico-économique de la spéculation. L'élevage de lapin pourrait contribuer, de ce fait, à la sécurisation des éleveurs (5).

L'objectif de cette expérience est d'étudier les performances zootechniques induites par des aliments granulés contenant *Pueraria phaseoloides*, à l'image de l'utilisation de la luzerne dans les régimes du lapin en pays occidentaux.

Matériels et méthodes

Alimentation, animaux et schéma expérimental

Un premier essai s'était déroulé au Centre Cunicole de Recherche et d'Information (CECURI) du 25 mai au 20 juillet 2009 (saison pluvieuse). Un second (une répétition), du 07 décembre 2009 au 31 janvier 2010 (saison sèche). La plante entière de *Pueraria phaseoloides* (*Pueraria*) a été fauchée en octobre 2008 (fin de la saison des pluies) à l'état frais, au stade de pleine fructification, à Allada (Bénin) et immédiatement mise à sécher au soleil pendant quatre jours. Elle a été ensuite hachée, moulue (mise en poudre) et conservée dans des sacs.

Pour constituer son noyau de reproducteurs, le CECURI, avait acheté des lapins de souche locale dans les élevages privés du Bénin. Le CECURI a acheté des lapins mâles et femelles et a sélectionné, suivant le poids à la naissance et le nombre de petits par portée, les sujets capables de constituer le noyau de reproducteurs. Les reproducteurs retenus produisent les lapereaux destinés aux essais. Parmi ces lapereaux, trois groupes de 24 lapereaux sevrés (35 j) nés et élevés au CECURI (Bénin) ont été placés dans des cages d'engraissement mesurant 76 cm de long, 46 cm de large et 30 cm de haut. Les cages, placées sur des supports de cage, étaient installées dans le bâtiment destiné aux essais d'engraissement. Le bâtiment d'engraissement était fermé et équipé d'éclairage artificiel, de volets d'aération et d'un système de nettoyage du sol avec des jets d'eau.

Les lapereaux ont été nourris avec des aliments composés de racines de manioc (8%), maïs (9%), soja (graines= 8% et tourteau= 2,6%), drèche de brasserie (11%), son de riz (10%), son de blé (8%), lysine (0,1%), méthionine (0,4%), sel (0,4%) et coquille d'huîtres (2,5%). Ces ingrédients ont été utilisés dans les mêmes proportions pour tous les régimes. La farine de *Pueraria* (0 à 40%); le tourteau de palmiste (0 à 30%) et de coton (0 à 10%) ont été utilisés dans des proportions qui ont variées en fonction des régimes. Pour fabriquer chaque aliment, les ingrédients ont été pesés, mélangés, broyés et la farine issue des ingrédients moulus a été granulée à l'usine d'aliment installée à l'École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC). Le diamètre des granulés était de 4 mm. Chaque lot a été réparti au hasard dans 8 cages (3 lapereaux par cage) jusqu'à l'âge de 91 j. Les lapereaux avaient un libre accès à l'eau et à l'aliment.

Les lapereaux ont été pesés une fois par semaine. Un traitement préventif a été effectué au sevrage, puis répété toutes les 4 semaines avec la Trisulmix poudre contre la coccidiose (Sulfadiméthoxine sodique 20% et Triméthoprime 4%, Laboratoire Coophavet, Ancenis Cedex France) à raison de 1 à 2 g par litre d'eau pendant 5 jours et l'Alfacéryl poudre (antibiotiques et vitamines, Laboratoire Alfasan, Woerden, Hollande) à raison de 0,5 à 1 g par litre d'eau pendant 7 jours.

Détermination chimique

Les échantillons ont été analysés au laboratoire TANDEM (Tissus Animaux, Nutrition, Digestion, Ecosystème et Métabolisme) du Département « Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage » INRA, Centre de Toulouse, Chemin de Borde Rouge, Auzeville, Castanet-Tolosan Cedex France. Selon les méthodes ISO: matière sèche (ISO 6496:1999), matière minérales (ISO 5984: 2002), matières azotées totales (N x 6,25; méthode Dumas, ISO 16634-2: 2009), énergie (ISO 9831: 1998) et fibres (NDF, ADF et ADL) selon la méthode de Van Soest (AFNOR 1997, ISO 16472:2007 et ISO 13906: 2008).

Analyses statistiques

L'indépendance des observations et la normalité des distributions ont été vérifiées avec le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances avec le test de Bartlett. Les données ont été ensuite soumises à une analyse de variance. Le modèle linéaire d'analyse de variance a été utilisé pour tester s'il existe un effet linéaire de l'addition de *Pueraria*. Il a été complété par le test de Tukey HSD pour faire la comparaison multiple des moyennes en utilisant le logiciel R (19).

Résultats

Animaux

Le gain de poids moyen en fin d'essai a été, pour les lapins élevés pendant la saison des pluies, de 1282 ± 15 g pour les lapereaux nourris avec R0, 1480 ± 47 g pour ceux nourris avec R20 et 1173 ± 2 g pour ceux nourris avec R40. Ceux élevés pendant la saison sèche ont eu un gain de poids moyen de 1331 ± 45 , 1485 ± 66 et 1196 ± 11 g. L'indice de consommation les lapins élevés pendant la saison des pluies a été de $3,57 \pm 0,08$ g; $2,94 \pm 0,12$ g et $3,6 \pm 0,08$ g de produit brut par 1 g PV pour les mêmes groupes de lapereaux. Pour les lapins élevés pendant la saison sèche, il a été de $3,59 \pm 0,1$ g; $2,9 \pm 0,12$ g et $3,58 \pm 0,06$ g (Tableau 1). Pendant la saison des pluies, les consommations d'aliment par tête et par jour ont été de $79,9 \pm 4,2$; $75,7 \pm 2,2$ et $74,1 \pm 1,6$ g pour les lapins élevés pendant la saison des pluies et de $80,6 \pm 4,7$; $76,2 \pm 2,4$ et $75,5 \pm 1,4$ g pour les lapins élevés pendant la saison sèche respectivement pour R0, R20 et R40. Un lapin était mort dans les lots R0 et R40. Pendant la saison sèche un lapin était mort dans chacun des lots des régimes R0 et R20 (Tableau 1).

Tableau 1
Effet du taux de Pueraria sur l'évolution de la consommation d'aliment et des gains de poids durant l'essai

	Âge Effectif	R0 22	R20 23	R40 23	R MSE	Pr > F
Poids vif moyen par semaine	J35	458,5	435,8	437,1	65,2	0,35
	J42	676,6a	701,0a	597,5b	68	***
	J49	877,0a	890,3a	772,5b	74,7	***
	J56	1082,1a	1129,1a	942,9b	75,9	***
	J63	1266,4a	1323,6a	1118,2b	79,8	***
	J70	1409,2b	1510,6a	1261,6c	81	***
	J77	1544,6b	1686,9a	1430,5c	87,3	***
	J84	1648,6b	1819,0a	1537,3c	89,8	***
	J91	1766,3b	1918,3a	1621,6c	99,6	***
	Total	10751,3	11437,6	9742,2	721,3	
GQM	35-63J	28,9b	31,6a	24,4c	1,7	***
	63-91J	17,6b	21,3a	17,9b	1,7	***
	35-91J	23,3b	26,5a	21,2c	1,4	***
	Total	69,8	79,4	63,5	4,8	
Consommation d'aliment	35-63J	65,4 ± 1,8	62,2 ± 1,6	59,4 ± 1,9	4,3	0,19
	63-91J	93,1 ± 1,3	88,8 ± 0,6	87,9 ± 2,7	2,5	*
	35-91J	79,3 ± 1,4	75,5 ± 2	73,6 ± 0,8	3,1	+
	Total	237,8	226,5	220,9	9,9	
IC	35-63J	2,3ab	2,0b	2,43a	0,2	**
	63-91J	5,3a	4,2c	4,9b	0,2	***
	35-91J	3,4a	2,8b	3,5a	0,2	***
	Total	11	9	10,83	0,6	

Les moyennes affectées d'une lettre différente diffèrent significativement au seuil de 5%.

*** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,5; + p < 0,1; ns: non significatif

R0= aliment sans Pueraria ; R20= aliment avec 20% de Pueraria; R40= aliment avec 40% de Pueraria.

La plante entière de *Pueraria phaseoloides* (Pueraria) a été fauchée en fin octobre 2008 (fin de la saison des pluies) à l'état frais, au stade de pleine fructification, à Allada (Bénin) et immédiatement mise à sécher au soleil pendant quatre jours. Elle a été ensuite hachée, moulue et la farine issue de la mouture était stockée dans des sacs. La farine issue de la mouture de Pueraria a présenté un taux de cendres $151 \pm 7,2$ g/kg MS. Son énergie digestible était de 1280 ED kcal par kg MS. La protéine brute de Pueraria a été de $155 \pm 11,3$ g/kg MS et l'ADF moyen a été de $344 \pm 8,2$ g/kg de MS (Tableau 2).

Les aliments R0, R20 et R40 contenaient respectivement 2796, 2438 et 2079 kcal par kg de MS, 166,1; 141,8 et 139,9 g de protéines brutes par kg de MS et 110,8; 147,1 et 181,4 g de cellulose brute par kg MS.

Le coût du kg d'aliment était de 127, 105 et 88 Fcfa (1 euro= 656 Fcfa) pour R0, R20 et R40.

Discussion

Le gain de poids 1282 g pour les lapins nourris pendant la saison des pluies avec R0, 1480 g avec R20 et 1173 g avec R40 et le gain de poids de 1331 g,

1485 g et 1196 g sont similaires au poids de 1692 g et 1718 g obtenu par animal par Baba (3) et Tossou (20) qui avaient utilisé un aliment contenant les mêmes ingrédients dans des proportions similaires à ceux de R0. Les régimes R20 et R40 étaient pauvres en énergie parce que l'énergie digestible de Pueraria était faible, 1280 ED kcal par kg MS contre 2520 ED kcal par kg MS pour le tourteau de palmiste. La quantité d'aliment consommé par lapin et par jour a diminué avec l'augmentation du taux d'incorporation de Pueraria mais sans présenter une différence significative au seuil de 5%. L'indice de consommation (IC) enregistré dans cet essai était comparable à celui enregistré par Baba (3), Dessou (6), Djogbenou (8) et Houédété (11), dans d'autres essais (IC= 3,21 à 3,74) effectués sur des lapins nés au CECURI.

La baisse de la concentration énergétique des aliments avec l'augmentation du taux de Pueraria dans l'aliment pourrait justifier les différences de consommation entre lots puisque chez le lapereau, l'ingestion quotidienne n'est correctement régulée qu'en présence d'aliments contenant environ 2500 kcal d'énergie digestible (12). Après le sevrage, l'un des principaux composants alimentaires impliqués dans la

Tableau 2
Composition centésimale et chimique de 3 régimes distribués à des lapereaux dont la fraction protéique a été substituée par des quantités croissantes de *Pueraria phaseoloides*

Ingrédients (% MS)	R0	R20	R40
Pueraria (90)	0	18	36
Palmiste; tourteau (90)	27	18	0
Coton; tourteau (91)	9,1	0	0
Manioc; racines (87)	6,96	6,96	6,96
Maïs; grains (86)	7,74	7,74	7,74
Soja; graines (89)	2,67	2,67	2,67
Soja; tourteau (88)	7,04	7,04	7,04
Lysine	0	0,1	0,1
Méthionine	0	0,4	0,4
Drèche de brasserie (91)	0,1	10,01	10,01
Son de riz (90)	0,4	9	9
Blé; son (87)	10,01	6,96	6,96
Coquille d'huîtres (90)	9	1,8	1,8
Sel (90)	6,96	0,45	0,45
Composition chimique (g par kg MS)			
MS (%)	90	91	91
ED (MJ/kg)	11,7	10,2	8,7
MAT (g/kg)	166,1	141,8	139,9
CB (g/kg)	110,8	147,1	181,4
Ca (g/kg)	11,5	12,4	13,3
P (g/kg)	5,8	4,6	3,8
Na (g/kg)	2,2	2,4	2,6

R0= aliment sans Pueraria; R20= aliment avec 20% de Pueraria; R40= aliment avec 40% de Pueraria.

régulation de la prise d'aliment est la concentration en énergie digestible (ED). Le lapin domestique recevant un régime équilibré granulé peut réguler son ingéré d'ED (et ainsi sa croissance) lorsque la concentration en ED est située entre 2150 et 2870 kcal/kg, ou quand le taux de fibres est situé entre 10 et 25% d'ADF (10). Une meilleure concentration en énergie de R40 pourrait être réalisée avec un apport de lipide. A cet effet, 2 à 5% de graines entières de palmiste dans l'aliment complet pourrait améliorer R40.

L'apport en protéines brutes avait aussi baissé de 166 à 139 g par kg de MS avec l'augmentation du taux de Pueraria. En se référant aux tables de formulation d'aliment (13, 17), un régime équilibré granulé devrait avoir un taux de 150 à 160 g de protéines brutes par kg d'aliment (13, 16, 17). Le régime de contrôle R0 a affiché un taux de matière azotée totale supérieur à 160 g. Par contre, R20 et R40 avaient montré des teneurs inférieures à 150 g par kg de MS. A la mauvaise régulation probable due à des régimes déséquilibrés

en ED, l'apport en protéines brutes devrait aussi être l'un des facteurs qui aurait permis d'enregistrer une forte différence significative au seuil de 5% ($P < 0,001$) entre les gains de poids obtenus au niveau des 3 lots de lapins sachant que la sensibilité du lapin à la qualité des protéines de sa ration est certaine (12). Le mélange de sources de protéines issues de Pueraria et du tourteau de palmiste de l'aliment R20 semblerait apporter aux lapereaux la meilleure qualité de protéines et une concentration en énergie (2438 kcal par kg de MS) conforme aux recommandations des tables de formulation d'aliment.

Le taux de cellulose brute devrait varier de 120 g à 150 g par kg d'aliment. Par rapport à ces limites, R0 a été déficitaire en cellulose brute et R40, excédentaire en cellulose brute. R0 est un aliment commercialisé par CECURI qui a recommandé que cet aliment soit servi aux lapins avec un complément de fourrages qui corrigerait son déficit en CB. Par contre, le régime R40 affiche un taux excédentaire en cellulose brute (181,4 g par kg d'aliment). Si le taux de cellulose brute dépasse 150 g par kg d'aliment, les mortalités, l'indice de consommation et de la vitesse de croissance augmenteraient si le rapport en protéines digestibles sur énergie digestible s'accroît en même temps que la cellulose brute (16).

En prenant en compte tous les nutriments, R0 était excédentaire en protéine brute (166,1 g par kg MS) mais déficitaire en CB (110,8 g par kg MS). R20 était équilibré en CB mais déficitaire en protéine brute (141,8 g par kg MS), tandis que R40 était déséquilibré en protéine brute (139,9 g par kg MS), en CB (181,4 g par kg MS) et en énergie digestible (2079 kcal par kg MS). R40 a donc été l'aliment dont la valeur des nutriments ne correspondait pas aux recommandations des tables de formulation des régimes. Ce régime R40 pourrait produire quelques troubles digestifs chez les lapereaux. Le seuil d'incorporation de Pueraria devrait donc se situer en dessous de 40% de Pueraria dans les aliments complets et granulés si l'on devait formuler des aliments équilibrés destinés aux lapereaux en croissance. Mais Pueraria étant disponible à coût relativement bas (1-2 ct €/kg) par rapport aux tourteaux (23-28 ct €/kg), le gain pondéral de 1184 g PV obtenu avec R40 contre celui 1307 g PV de R0 justifierait, du point de vue économique (432 Fcfa par kg de PV avec R0 contre 308 Fcfa avec R40), l'utilisation de cet aliment chez le lapin en croissance dans les conditions des élevages de l'Afrique de l'Ouest. L'aliment R20 semblait être la combinaison entre tourteaux et Pueraria qui donnerait les meilleures performances zootechniques. Le nombre de lapins morts durant l'essai a été de 4 sur les 72 soit un taux de 5,5% de mortalité. Entre le sevrage et la vente du lapin, un taux de mortalité de 10% est acceptable (7, 18). En 2006, la mortalité entre la naissance et la vente des animaux a été de 26,7%, dont 8,5% pendant la période

d'engraissement (18). Les mortalités enregistrées durant cet essai semblaient donc acceptables.

La composition chimique de *Pueraria* avait varié, pour des coupes faites à 40 et à 70 jours, de 71,2 à 55,7 g/kg MS ; de 221,1 à 198,6 g/kg MS et de 380,1 à 399,4 g/kg MS respectivement pour les matières minérales, les protéines brutes et l'ADF (21). Selon cette étude effectuée au Vietnam, l'intervalle de coupe affecterait la qualité de *Pueraria*. La quantité de biomasse était de 39,2 à 57,1 tonnes/ha/an (22). Aucun facteur toxique ou antinutritionnel n'a été signalé chez *Pueraria*. Aussi, *Pueraria* est une plante très intéressante parce qu'elle est vivace (2). Cette plante contient un taux de 18 à 21 g de protéines brutes pour 100 g de MS et 34 à 43 g de cellulose brute pour 100 g de MS (18).

Elle est adaptée aux zones tropicales humides et subhumides et sa présence ne détruit pas les cultures auxquelles elle est associée (4). Elle est, de ce fait, largement utilisée comme plante de couverture dans les plantations de palmiers à huile. *Pueraria* devrait alors facilement et rapidement remplacer les tourteaux qui sont de plus en plus onéreux parce que orientés vers des industries autres que les industries animales.

L'ensemble de ces qualités pourrait permettre de classer *Pueraria* parmi les bonnes sources de protéines et de fibres pour les monogastriques herbivores, tel que le lapin.

L'aliment R0 a été retenu parce qu'il a permis d'obtenir les meilleures performances zootechniques au Centre Cunicole de Recherche et d'Information (CECURI).

Pour produire un kg de PV, il a fallu dépenser (IC * prix kg d'aliment) 432, 305 et 308 Fcfa respectivement

pour les lots ayant consommé R0, R20 et R40. Par rapport au poids final, le coût de l'aliment durant la période d'engraissement a été donc de (prix kg d'aliment * gain de PV final) 580, 451 et 354 Fcfa pour les lapins ayant consommé R0, R20 et R40. Entre R20 et R40, les différences de coût de production d'un kg de PV a été de 3 Fcfa (305 pour R20 et 308 Fcfa pour R 40). Les IC et le coût de production d'un kg de PV ont été en faveur de R20. En période de flambée de prix ou de raréfaction des tourteaux, R40 pourrait se substituer à R20 sans risque de pertes économiques.

Conclusion

Pueraria pourrait être considéré comme une source de nutriment (fibres et protéines) pour le lapin en croissance. L'étude montre que *Pueraria* n'affecte ni l'état sanitaire, ni l'ingéré, ni la croissance des lapereaux. Ainsi, la plante entière de *Pueraria* séchée au soleil pourrait être considérée comme une source alternative de fibres et de protéine, disponible et moins chère pour le lapin en croissance. Des essais ultérieurs doivent être conduits afin de préciser les limites d'incorporation de *Pueraria* comme ingrédient dans les aliments du lapin.

Remerciements

Les auteurs remercient Th. Gidenne, Viviane Batailler, Véronique Tartie et Muriel Segura pour leur aides et contributions dans l'étude de la valeur nutritive de *Pueraria* et les analyses biochimiques (INRA, UMR 1289 TANDEM).

Références bibliographiques

1. ABEC, 2005, Association béninoise des cuniculteurs, Rapport d'activité, Abomey-Calavi, 45 p.
2. Autray P., 1997, Fixation de l'agriculture à base de vivrier en zone forestière de Côte d'Ivoire. Création de systèmes de culture avec des légumineuses de couverture sur les dispositifs d'Oumé de 1994 à 96. Bouaké, Côte d'Ivoire, Cirad/Idessa, 100 p.
3. Baba L., 2004, Comparaison des performances de croissance de deux lots de lapins: l'un nourri avec un aliment farineux et l'autre à base du même aliment sous forme granulée. Mémoire de DIT, EPAC/Bénin. 66 p.
4. Charpentier R., 1999, L'aménagement des unités de paysage dans le nord de la Côte d'Ivoire. Agriculture et développement n° 21 - Mars 1999. p. 49.
5. Delgado C.L., 1997, The role of smallholder income generation from agriculture in Sub-Saharan Africa. In: Achieving food security in Southern Africa, ed. L. Haddad. Occasional Paper. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
6. Dessou J.M., 2005, Comparaison des performances de croissance de deux lots de lapins: l'un nourri avec un aliment farineux et l'autre à base du même aliment sous forme granulée. Mémoire de DIT, EPAC/Bénin. 76 p.
7. Djago Y., Kpodekon M. & Lebas F., 2007, Méthodes et techniques d'élevage du lapin en milieu tropical. Reproduction de la brochure publiée par Y.A. Djago et M. Kpodekon en 2000 sous le titre "Le guide pratique de l'éleveur de lapins en Afrique de l'Ouest" 106 p.
8. Djogbenou I., 2004, Performances de croissance des lapereaux nourris à l'engraissement avec un aliment granulé. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du DIT, EPAC/Bénin. 64 p.
9. Gidenne T., 2001, Besoin en fibres et sécurité digestive du lapin en croissance. Cuniculture, **28**, 1, 7-9.
10. Gidenne T. & Lebas F., 2005, Le comportement alimentaire du lapin: 11^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris.
11. Houédété I., 2003, Performance de croissance des lapereaux nourris à l'engraissement avec un aliment granulé. Mémoire de DIT, EPAC/Bénin. 51 p.
12. INRA, 1989, L'alimentation des animaux monogastriques, porc, lapin, volaille. INRA. Paris, 2^{ème} édition. 282 p.
13. INRA, 2004, Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porc, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. In: Sauvart D., Perez J.M., Tran G. (eds), 2^{ème} Edition revue et corrigée. INRA Editions, Paris, 301 p.
14. Kpodekon M., 1988, Le point sur l'élevage du lapin en République du Bénin. Perspectives d'avenir. Cuni-Sciences, **4**, 2, 15 à 26.
15. Kpodekon M. & Coudert P., 1992, Impact d'un centre cunicole de recherche et d'informations sur la recherche et le développement de la cuniculture au Bénin. 1^{er} Congrès Régional Cunicole au Bénin. Cotonou 15-20 mars 1992, CECURI: Cotonou, Bénin.
16. Lebas F., 1991, Alimentation pratique des lapins en engraissement. Cuniculture- **18**, 6, 273-281.
17. Lebas F., 2004, Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. Cuniculture Magazine, Volume **31**, page 2.
18. Lebas F., 2007, Productivité des élevages cunicoles professionnels en

2006. Résultats de RENALAP et RENACEB. Cuniculture Magazine, 34, 31-39.
19. R Development Core Team, 2009, A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
20. Tossou C., 2006, Effet de l'incorporation de la mélasse dans l'alimentation sur les performances zootechniques du lapin. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du DIT, EPAC/Bénin. 64 p.
21. Van Hiep N., Wiktorsson H. & Van Man N., 2008, The effect of cutting interval on foliage yield and chemical composition of tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*) cultivated as cover-crop in rubber plantation. Livestock Research for Rural Development 20 (supplement). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/supplement/hiep1.htm>
22. Van Hiep N. & Van Man N., 2008, Utilization of tropical kudzu leaves (*Pueraria phaseoloides*) as a protein source for growing rabbits. Proceedings MEKARN Rabbit Conference: Organic Rabbit production from forage (Editors: Reg Preston and Nguyen Van Thu), Cantho University, Vietnam, 25-27 November 2008, <http://www.Mekarn.org/prorab/hiep.htm>
-

A. Akoutey, Béninois, Docteur Vétérinaire, Doctorant en Sciences de la vie, Enseignant-Chercheur à l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC).

M. Kpodékon, Béninois, Docteur Vétérinaire, Professeur Agrégé, Enseignant-Chercheur, Responsable du LARBA, de URCC et du CECURI.

Principales helminthoses des bovins: enquête épidémiologique au niveau de deux abattoirs de la région d'El Tarf (Algérie)

M. Boucheikhchoukh^{1*}, Souad Righi¹, Scherazad Sedraoui¹, A. Mekroud² & A. Benakhla¹

Keywords: Cattle- Helminthosis- Abattoir survey- Epidemiology- El Tarf- Algeria

Résumé

De juillet 2010 à décembre 2011, une enquête épidémiologique portant sur les principales helminthoses des bovins a été réalisée et a concerné un total de 821 bovins sacrifiés aux abattoirs d'Ain El Assel et de Bouteldja. Les résultats enregistrés montrent que la fasciolose, l'hydatidose et l'oesophagostomose dominent avec des prévalences respectives de 52,4%, 30,9% et 31,3%. Coexistent avec ces pathologies: la paramphistomose, l'haemonchose, la dictyocaulose et la moniézirose avec des taux d'infestation respectifs de 19,2%; 17%; 15,4% et 11,1%. Globalement, l'intensité parasitaire de ces entités est faible. La provenance des bovins n'influe pas de manière significative sur la prévalence de ces pathologies ($p \geq 0,05$). Néanmoins, on note qu'Ain El Assel et Bouteldja sont les régions les plus touchées. Ce sont les femelles et les bovins de plus de 5 ans qui sont les plus parasités par ces helminthes, exception faite pour l'oesophagostomose où les jeunes mâles (1 à 3 ans) semblent les plus infestés. Par ailleurs, toutes les entités concernées sévissent durant toute l'année sauf pour l'haemonchose et la moniézirose qui disparaissent en décembre, la dictyocaulose qui est absente en janvier et la paramphistomose qui n'est pas observée en janvier et février.

Summary

Main Cattle Helminthosis: Epidemiological Investigation at Two Slaughters in the Area of El Tarf (Algeria)

From July 2010 to December 2011, an epidemiological survey on the main cattle helminthosis was conducted and involved a total of 821 cattle slaughtered at the abattoirs of Ain El Assel and Bouteldja. The results indicate that fasciolosis, hydatidosis and oesophagostomosis dominate with prevalences of 52.4%, 30.9% and 31.3% respectively. Coexist with these pathologies: paramphistomosis, haemonchosis, dictyocaulosis and monieziosis with prevalences of 19.2%, 17%, 15.4% and 11.1% respectively. Overall, the intensity of these parasitic entities is low. The origin of cattle does not affect significantly the prevalence of these pathologies ($p \geq 0.05$). However it is noted that Ain El Assel and Bouteldja are the most affected areas. Females and cattle over 5 years are the most infested, except for oesophagostomosis where young males (1-3 years) seem the most infested. In addition, all entities are observed throughout the year except for haemonchosis and monieziosis which disappear in December, dictyocaulosis which is absent in January and paramphistomosis which is not observed in January and February.

Introduction

Depuis plusieurs années, le parasitisme helminthique des bovins pose d'énormes problèmes de conduite d'élevage. Les parasites impliqués exercent une influence déterminante sur la santé et la productivité des animaux au pâturage.

Les traitements anthelminthiques restent le moyen de lutte le plus utilisé contre ces parasites. Mais, dans la plupart des régions d'Algérie, ces traitements sont utilisés de manière anarchique, incontrôlée et non orientée; ce qui pourrait conduire à l'installation d'un phénomène de chimiorésistance et par voie de conséquence à la persistance de ces helminthoses (4, 7).

Ces affections apparaissent pleinement intégrées au milieu par un important complexe d'hôtes intermédiaires qui assurent la pérennité des cycles évolutifs.

Le climat et les us de la région d'El Tarf jouent un rôle prépondérant dans le maintien des cycles de ces parasites à la faveur du milieu riche de ces zones humides d'une part et une forte population rurale vouée à l'élevage de rente d'autre part; ce qui fait d'elle l'une des régions les plus exposées de l'Est Algérien.

Les enquêtes précédentes réalisées au niveau des abattoirs de cette région démontrent que ces entités représentent un danger potentiel pour la santé publique, ce qui reflète un sous-contrôle des facteurs conduisant à leur apparition.

Il semble aujourd'hui nécessaire de recourir à une attitude de lutte consensuelle, alliant efficacité, facilité d'application et de mise en place, diminution du risque de rechute chez les animaux et si possible diminution du risque de transmission à l'homme.

1. Institut des Sciences Vétérinaires, Université d'El Tarf, B.P. 73, 36000 El Tarf, Algérie.

2. Département des Sciences Vétérinaires, Faculté des Sciences Naturelles et Vétérinaires, Université de Constantine, 25000 Constantine, Algérie.

Correspondance: M. Boucheikhchoukh Email: m.boucheikhchoukh@yahoo.fr

Reçu le 07.02.12 et accepté pour publication le 16.07.12.

Les objectifs visés sont d'évaluer les prévalences et les intensités d'infestation de ces affections d'une part et d'établir un suivi mensuel et saisonnier d'autre part.

Matériel et méthodes

L'enquête s'est déroulée de juillet 2010 à décembre 2011 et a concerné les bovins sacrifiés aux tueries d'Aïn Assel et Bouteldja provenant dans leur majorité des zones d'élevage environnantes.

Les bovins, retenus pour cette enquête et sacrifiés durant la période précitée, sont de race autochtone (Brune de l'Atlas) conduits en élevage extensif dans des zones proches des lacs ou dans les montagnes. Ces zones d'élevage sont situées dans les daïras suivantes: El Tarf, El Kala, Bouteldja, Drean et Bouhadjar.

Sur 821 animaux sacrifiés, 434 (52,8%) sont originaires de la daïra de Bouteldja; 324 (39,4%) sont issus de la daïra d'El Tarf; 30 (3,6%) proviennent de la daïra d'El Kala; 27 (3,2%) de la daïra Bouhadjar et 6 (0,7%) bovins sont de la daïra de Drean.

Les mâles constituent la population dominante avec 704 individus soit 85,7% des animaux sacrifiés.

La classe d'âge [1-3 ans] est la plus importante avec 488 (59,4%) sujets abattus suivie de la classe [3-5 ans] avec 185 sujets (22,5%). Le nombre des animaux de plus de 5 ans s'élève à 148 (18%).

L'examen des animaux sacrifiés s'est effectué à raison de deux fois par semaine. L'inspection a porté sur les organes cibles des helminthes recherchés à savoir le foie (*Fasciola hepatica*, *Echinococcus granulosus*); les poumons (*Echinococcus granulosus*, *Dictyocaulus* sp.) et l'appareil digestif (*Haemonchus* sp., *Moniezia* sp., *Oesophagostomum* sp., *Paramphistomum* sp.).

L'estimation de l'intensité de l'infestation se base globalement sur le dénombrement direct des parasites adultes, mais aussi sur le nombre de kystes présents pour *E. granulosus*, sur l'évaluation de la masse parasitaire pour *Moniezia* sp. (en grammes) et enfin sur le nombre de nodules intestinaux pour *Oesophagostomum* sp. Trois niveaux d'intensité ont été définis: faible, moyenne et forte (Tableau 1).

Pour chaque animal, toutes les informations liées à la provenance, l'âge et le sexe sont consignées sur une fiche.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (18) (Statistical Package for the Social Sciences v16), le test Chi deux χ^2 a été utilisé pour la comparaison des prévalences en fonction de la provenance des bovins, des mois d'étude et de l'âge.

Résultats

1. Prévalences et intensités

Le calcul des prévalences respectives pour chaque maladie démontre que la fasciolose prédomine avec un taux d'infestation de 52,4%; elle est suivie de l'oesophagostomose (31,3%), l'hydatidose (30,9%), la paramphistomose (19,3%), l'haemonchose (17%), la dictyocaulose (15,4%) et enfin la moniezirose avec un taux de 11,1%.

La fréquence des animaux faiblement infestés est très élevée pour toutes les pathologies alors que les animaux ayant une intensité parasitaire moyenne et forte sont moins nombreux.

2. Facteurs de risque

2.1. Influence de la provenance des animaux sur les prévalences helminthiques

Il a été constaté que les prévalences sont importantes et d'autant plus élevées quand il s'agit de zones jouxtant les lacs telles que Ain Assel située à proximité du lac Oubeira et Bouteldja qui est assez proche du Lac des Oiseaux. En contre partie, les zones plus ou moins éloignées des lacs présentent des prévalences relativement basses. Néanmoins, cette observation est contredite car il n'existe pas de relation significative ($p \geq 0,05$) entre les prévalences enregistrées et l'origine des animaux.

2.2. Influence mensuelle sur la réceptivité des bovins aux helminthoses

L'étude de l'évolution mensuelle de la prévalence des helminthoses bovines montre que ces pathologies

Tableau 1
Normes utilisés pour l'estimation de l'intensité parasitaire des bovins examinés

Critères d'évaluation	Parasites dénombrés	Intensité parasitaire		
		Faible	Moyenne	Forte
	<i>Fasciola hepatica</i>	≤ 20	20 à 50	≥ 50
	<i>Paramphistomum</i> sp.	≤ 100	100 à 1000	≥ 1000
Nombre de parasites	<i>Haemonchus</i> sp.	≤ 10	10 à 30	≥ 30
	<i>Dictyoculus viviparus</i>	≤ 10	10 à 30	≥ 30
	<i>Echinococcus granulosus</i>	≤ 5	5 à 10	≥ 10
Poids	<i>Moniezia expansa</i>	≤ 100 gr	100 à 200 gr	≥ 200 gr
Nombre de nodules	<i>Oesophagostomum</i> sp.	≤ 30	30 à 50	≥ 50

ne sévissent pas toutes de janvier à décembre. En effet, on observe pour la paramphistomose un creux d'activité de janvier à février précédé par un déclin progressif des taux d'infestation. Il en est de même pour l'haemonchose et la moniezirose dont les taux deviennent nuls en décembre et pour la dictyocaulose qui disparaît en janvier. Parallèlement, nous avons enregistré des pics d'infestation signalés en février, et de juillet à novembre pour la fasciolose; en mai, septembre et octobre pour la paramphistomose; en juillet pour l'hydatidose; juin et août pour l'haemonchose; juillet et octobre pour la moniezirose; février pour l'oesophagostomose; enfin juin et octobre pour la dictyocaulose (Figures 1 et 2).

D'une manière globale, l'intensité d'infestation est à dominance faible au cours de cette évolution mensuelle pour la plus part des vers. Cependant, il est judicieux de signaler la présence d'un cas de dictyocaulose obstructive rencontrée en février.

L'analyse statistique a montré qu'il n'y a pas eu de différence significative entre les mois d'étude ($p \geq 0,05$) en ce qui concerne l'hydatidose, la moniezirose et la dictyocaulose par contre, elle est significative pour la fasciolose ($p \leq 0,001$), la paramphistomose ($p \leq 0,01$), l'haemonchose ($p \leq 0,01$) et l'oesophagostomose ($p \leq 0,001$).

2.3. Influence de l'âge sur les prévalences

L'étude de l'effet de l'âge sur la réceptivité montre une différence significative entre les trois classes d'âges ($p < 0,0001$) pour la fasciolose, la paramphistomose et l'hydatidose. En revanche elle est non significative ($p \geq 0,05$) pour le reste des entités pathologiques. Une grande réceptivité des bovins appartenant à la classe d'âge - plus de 5 ans - a été notée excepté l'oesophagostomose qui semble sévir chez les jeunes de 1 à 3 ans.

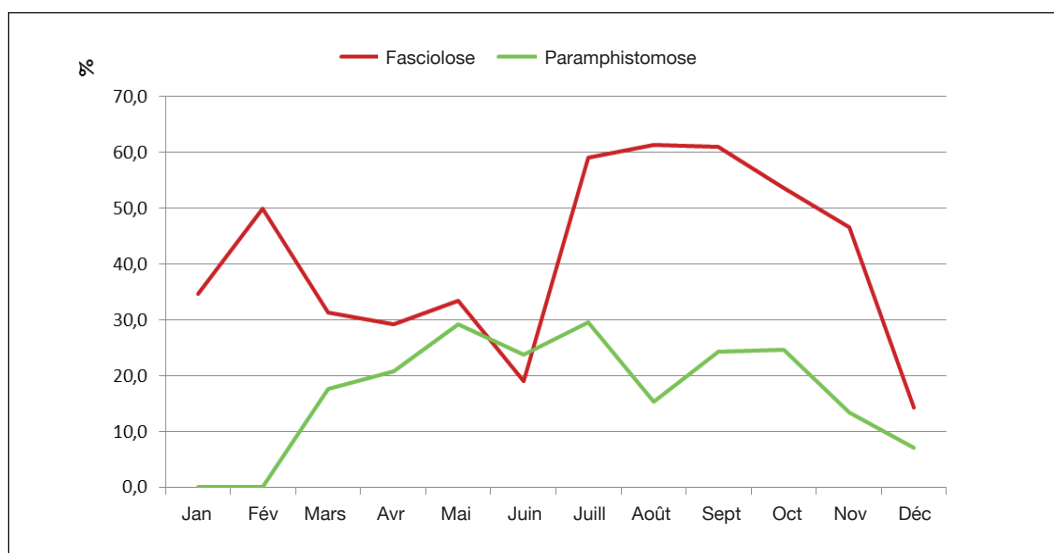


Figure 1: Evolution mensuelle des prévalences de la fasciolose et de la paramphistomose.

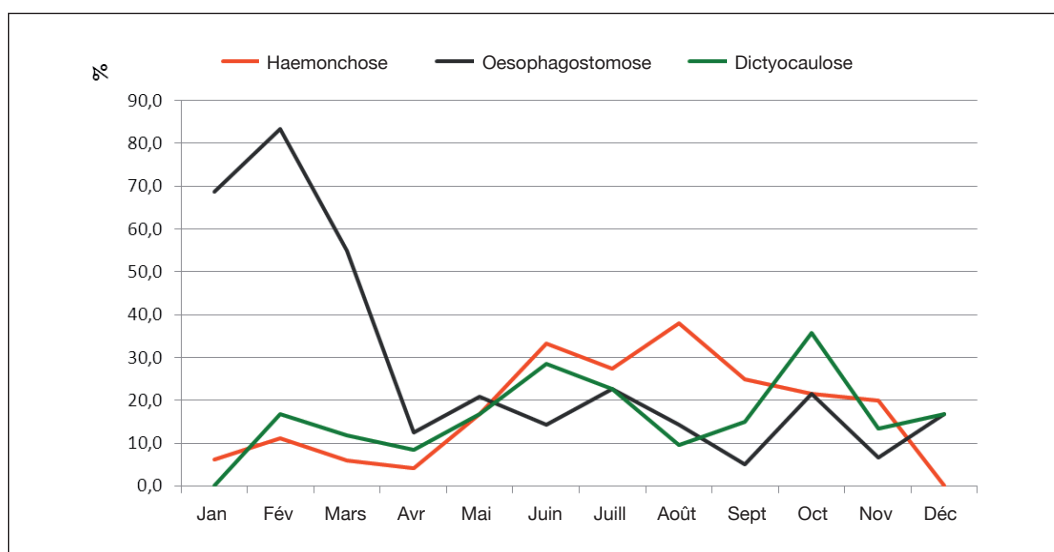


Figure 2: Evolution mensuelle des prévalences de l'haemonchose, l'oesophagostomose et la dictyocaulose.

Discussion

1. Douves hépatiques et ruminales

La prévalence de la fasciolose dans la région d'El Tarf est considérée comme importante si on la compare à celles observées par Bendiaf en 2011 (6) à Constantine et Skikda avec respectivement 7,5% et 13,2%, Mekroud *et al.* (16) quant à eux signalent en 2004 à Constantine et Jijel des prévalences respectives de 6,5% et 27,3% d'animaux infestés. Aissi *et al.* (2) de leur côté ont relevé une prévalence moyenne de 18,5% dans quelques élevages bovins du nord centre algérien ce qui est nettement inférieur à celle d'El Tarf.

Pour ce qui est de l'étude de la paramphistomose, il faut noter que la prévalence de cette parasitose dans la région d'El Tarf est considérée comme importante (19,3%) si on la compare à celles observées par Titi *et al.* (20) qui ont enregistré une prévalence de 12,1% à Jijel et 1,2% à Constantine.

L'analyse de ces valeurs laisse apparaître de grandes fluctuations de la prévalence qui pourrait être liée à de nombreux facteurs, tels le lieu d'élevage des animaux, les biotopes, le climat, l'âge ou encore l'absence de programme de lutte intégrée.

Les deux trématodoses sont présentes dans la quasi-totalité de la wilaya d'El Tarf. La présence de ces parasites dans la région est connue, mais aucune donnée concernant la partie ouest de cette région n'est disponible à ce jour. Cela peut être expliqué par le fait que les zones d'où proviennent les animaux dépendent des abattoirs d'Ain El Assel et Bouteldja, siège de notre enquête contrairement à la zone ouest qui dépend de l'abattoir de Drean mais aussi d'autres abattoirs. Par ailleurs, la partie nord-est de la Wilaya est connue pour être la région la plus humide du pays. Celle-ci est très riche en ressources hydriques: deux grands barrages, quatre lacs et de nombreux ruisseaux; autant d'indicateurs de l'infestation.

Pour le facteur âge, Mekroud *et al.* (16) indiquent que les bovins jeunes (≤ 2 ans) sont plus sujets à l'infestation, contrairement à Hope Cawdery (13) et Gonzalez-Lanza *et al.* (12), qui affirment que la prévalence augmente progressivement avec l'âge des animaux pour être supérieure à 35% à l'âge de huit ans. En ce qui concerne la paramphistomose, si les animaux adultes apparaissent plus parasités que les jeunes bovins, il faut cependant remarquer que ces derniers sont atteints aussi, et de manière relativement importante. Peu de références comparant l'infestation des jeunes bovins et des adultes sont disponibles. Szmidi-Adjidé *et al.* (19) n'avaient pas mis en évidence de différence significative entre ces deux classes d'âge. Pour la plupart des cas, ce sont les animaux âgés qui sont les plus touchés. Ceci pourrait être expliqué par la longue survie des vers adultes et l'absence de réponse immune efficace.

2. Hydatidose et moniezirose bovine

En Italie, Rinaldi *et al.* cité par Kayoueche (13) réalisent une enquête épidémiologique dans le Sud chez les bovins, et révèle que ces animaux ne jouaient aucun rôle dans la persistance de l'hydatidose (aucun kyste n'étant fertile) mais sont plutôt des indicateurs de l'infection dans les zones d'endémies mais les travaux entrepris en Algérie par Benchikh-Elfegoun *et al.* (5) ont montré que la fertilité des kystes d'origine bovine variait de 51% à 70%.

Globalement, une prévalence de 30,9% montre la persistance d'un environnement hautement contaminé par les fèces des chiens qui contiennent les œufs embryonnés infectants, ce qui souligne le contrôle insuffisant de l'infection chez l'hôte définitif avec un nombre élevé de chiens en liberté autour des troupeaux.

Pour ce qui est de la moniezirose bovine, la prévalence retrouvée lors de notre enquête est de 11,1%. Elle est proche de celle signalée en 2005 par Borthakur et Das (19,6%) (8); par contre, elle est faible si on la compare avec celle relevée par une enquête réalisée en 1984 au Niger (3), où on a noté une prévalence d'infestation par la moniezirose de 53%. Cette pathologie semble présenter une recrudescence en fin de saison des pluies mais on a pu constater que la variation de la prévalence en fonction des mois n'est pas vraiment significative ($p \geq 0,05$). Il en est de même en ce qui concerne la provenance des animaux ($p \geq 0,05$). Ces résultats concordent avec ceux retrouvés par Gherissi et Kerouaz en 2008 (11).

Daynes, (7) mentionne que ce sont souvent les animaux de 4 à 12 mois qui sont porteurs de *Moniezia* dans leur intestin grêle, cela va à l'encontre des résultats obtenus lors de notre étude où nous avons montré que le facteur âge n'influence pas la prévalence de la maladie ($p \geq 0,05$).

3. Strongyloses digestives et respiratoires

L'Haemonchose se distingue dans la région d'El Tarf avec une prévalence de 17%. Celle-ci est estimée faible comparée à celles observées par Achi (1) qui enregistre en Côte d'Ivoire une prévalence élevée de 98% représentant 95% de l'intensité parasitaire abomasale. Mais aussi à celle décrite par Ndao *et al.* (17) au Sénégal, où ils signalent que *H. contortus* était rencontré chez 92% des bovins examinés. Cette prévalence est sous la dépendance de facteurs climatiques. En effet, cette pathologie mortelle pour les jeunes atteint son pic maximal pendant les étés (juin et août dans notre cas) chauds et humides. Mais Zinsstag (22) en Gambie, montre que dans les zones centre de ce pays, un pic d'infestation est observé au mois d'octobre, par contre dans la zone nord, il est observé au mois de mars. Ces résultats ne coïncident pas avec ceux obtenus dans notre étude ce qui

est notamment dû à la différence des conditions climatiques, surtout la température et l'humidité qui influencent énormément le cycle de ce parasite. Le facteur âge quant à lui semble ne pas avoir de relation significative ($p \geq 0,05$) avec la prévalence de la maladie.

L'oesophagostomose sévit à El Tarf avec un taux de 31,3%; ce dernier est inférieur à celui enregistré par Achi (1) qui signale une prévalence de 69% par contre, il est supérieur aux résultats de Gherissi et Kerouaz (11) qui mentionnent à El Tarf un taux de 13,3%; ce qui nous indique que la maladie gagne du terrain d'une année à une autre dans cette région. Toutefois, l'enquête menée par Waruiru (21) révèle des prévalences d'infestation par l'oesophagostomose respectives de 35% et 38,4%; ce qui est très proche de nos résultats. Il ressort de notre étude que l'oesophagostomose est une affection hivernale sévissant surtout chez les jeunes bovins et évoluant sous de faibles intensités.

D'un autre côté, Il apparaît que la dictyocaulose occupe la sixième place dans les principales pathologies parasitaires rencontrées aux abattoirs d'Ain El Assel et Bouteldja. Elle se dégage avec une prévalence dont la valeur (15,4%) est supérieure à celle rapportée par Jiménez (14) au Costa Rica qui mentionnent un taux de 10,8%. D'après notre étude, les bovins sont beaucoup plus touchés par la dictyocaulose en été et en automne. Cela peut être expliqué par la clémence de l'hiver pendant la période d'étude, à la faveur d'une contamination résiduelle importante de la pâture. En parallèle, à la sortie de l'hiver, les bovins ont des compétences immunitaires diminuées vis-à-vis des dictyocauloses. Mais cela n'est pas suffisant pour déclencher la dictyocaulose maladie comme le prouvent Camuset et Argente (9) qui affirment que la dictyocaulose maladie ne se déclenche que si de nombreuses L_3 sont ingérées par des animaux non

immunisés. Les mêmes auteurs se sont penchés sur le facteur âge et contrairement à nos résultats ce sont les jeunes bovins de première saison de pâture, qui n'ont pas encore développé leur immunité contre ces strongles, qui sont les plus affectés.

Conclusion

L'infestation des bovins par les principaux helminthes dans la région d'El Tarf est présente durant toute l'année avec une grande variabilité dans les prévalences des différentes entités. Néanmoins, trois pathologies prédominantes, il s'agit de la fasciolose et l'hydatidose dont le caractère zoonosique n'est pas à ignorer mais aussi de l'oesophagostomose.

La prédominance de la fasciolose dans cette région est essentiellement liée à des facteurs géo-climatiques favorables au développement et à la pullulation de la limnée tronquée. Par contre, le taux obtenu pour la paramphistomose ne refléterait pas la présence réelle de cette parasitose dans la région étant donné que l'hôte intermédiaire de cette trématodose est représenté également par *Galba truncatula*.

La prévalence de l'hydatidose (30,9%) reflète les conditions socio-écologiques qui règnent dans la région et qui permettent son extension (abattage clandestins, abondance des chiens autour des troupeaux).

En tout état de cause, le parasitisme helminthique des bovins doit être considéré comme une priorité en matière de santé animale dans la région. De ce fait, il convient de mettre en place un programme de lutte portant prioritairement sur les modalités de contrôle et les moyens de lutte et de prophylaxie et ce afin de maîtriser ces helminthoses ou du moins diminuer l'incidence de ces maladies qui causent d'importantes pertes économiques.

Références bibliographiques

1. Achi Y.L., Zinsstag J., Yéo N., Dea V. & Dorchie P.H., 2003, Les nématodes gastro-intestinaux des bovins de la région des savanes de la Côte-d'Ivoire: enquête d'abattoir. Revue Méd. Vét. **154**, 2, 105-112.
2. Aissi M., Harhoura Kh., Gaid S. & Hamrioui B., 2009, Etude préliminaire sur la prévalence de la fasciolose due à *Fasciola hepatica* dans quelques élevages bovins du nord Algérien (la Mitidja). Société de pathologie exotique de l'institut pasteur de paris. Courte note, Bull Soc Pathol Exot. **102**, 3, 177-8.
3. Anonyme, 1984, Enquêtes sur les helminthoses du bétail dans le département de Zinder (Rép. du Niger).
4. Bachtarzi K., 2008, Les anthelminthiques des ruminants en Algérie: efficacité et chimiorésistance. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Sciences Vétérinaires, Université D'El Tarf (Algérie).
5. Benchikh-Elfegoun M.C., 2008, Outils moléculaires et immunologiques utilisés pour évaluer l'épidémiologie de l'échinococcose kystique. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat d'état en Sciences Vétérinaires, Université D'El Tarf (Algérie).
6. Bendiaf H., 2011, Contribution à l'étude de la distomatose à *Fasciola hepatica* (Linné, 1758): aspects parasitologique et sérologique. Mémoire de Magistère en hygiène alimentaire, Université Mentouti Constantine (Algérie).
7. Bentounsi B., Zouiouech H., Benchikh-Elfegoun M.C., Kohil K. & Cabaret J., 2003, Efficacité comparée des spécialités d'albendazole distribuées en Algérie. Revue Méd. Vét. **154**, 10, 649-652
8. Borthakur S.K. & Das M.R., 2005, Incidence of monieziosis in cattle and buffalo calves of Assam. Journal of Veterinary Parasitology, **19**, 2, 173-174.
9. Camuset Ph. & Argente G., 2006, Dictyocaulose des bovins adultes, un défi pour le praticien. Recueil des conférences des Journées Nationales des GTV, Dijon 2006, 351-354.
10. Daynes P., 1964, Note sur les helminthoses des animaux domestiques reconnues à Madagascar. Rev Elev Med Vet Pays Trop. **17**, 3, 477-490.
11. Gherissi D.E. & Kerrouaz A., 2008, Situation des helminthoses des bovins sacrifiés à l'abattoir d'Ain El Assel. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire, Université D'El Tarf (Algérie).
12. Gonzalez-Lanza C., Manga- Gonzalez Y., Del-Pozo-Carnero P. & Hidalgo-Arg-Uello R., 1989, Dynamics of elimination of the eggs of *Fasciola hepatica* (trematoda, digenea) in faeces of cattle in the porma basin, Spain. Vet. Parasitol. **34**, 35-43.
13. Hope Cawdery M.J., 1984, Review of the economic importance of fasciolosis in sheep and cattle. Irish. Vet. News. 14-22.
14. Jiménez A.E., Montenegro V.M., Hernández J., Dolz G., Maranda L.,

- Galindo J., Epe C. & Schnieder T., 2007, Dynamics of infections with gastrointestinal parasites and in dairy and beef cattle from Costa Rica. *Veterinary Parasitology*, **148**, 262-271.
15. Kayoueche F.-Z., 2009, Épidémiologie de l'hydatidose et de la fasciolose chez l'animal et l'homme dans l'est Algérien. Thèse de Doctorat ès en épidémiologie. Université Mentouti Constantine (Algérie).
16. Mekroud A., Benakhla A., Vignoles P. & Rondeleaud D., 2004, Preliminary studies on the prevalences of natural fasciolosis in cattle, sheep, and the host snail *Galba truncatula* in north-eastern Algeria. *Parasitol. Res.* **92**, 502-505.
17. Ndao M., Belot J., Zinsstag J. & Pfister K., 1995, Epidémiologie des nématodes gastro-intestinaux des bovins dans la zone sylvo pastorale au Sénégal. *Revue de Médecine Vétérinaire*, **146**, 2, 129-134.
18. Statistical Package for the Social Sciences, SPSS, 2007, Version 16. IBM SPSS software for predictive analytics.
19. Szmidt-adjidé V., Abrous M., Adjide CC., Dreyfuss G., Lecompte A., Cabaret J. & Rondelaud D., 2000, Prevalence of *Paramphistomum daubneyi* infection in cattle in central France. *Vet. Parasitol.* **87**, 133-138.
20. Titi A., Mekroud A. & Rondelaud D., 2009, La paramphistomose gastro-duodenale bovine dans le nord-est algérien: étude préliminaire. 1^{ères} journées maghrébines d'épidémiologie animale. 09-10 mai 2009. Université Saad Dahlab (Algérie).
21. Waruiru R.M., Nansen P., Kyvsgaard NC., Thamsborg SM., Munyua WK., Gathuma JM. & Bøgh HO., 1998, An abattoir survey of gastrointestinal nematode infections in cattle in the central highlands of Kenya. *Vet Res Commun.* **22**, 5, 325-334.
22. Zinsstag J., 2000, Gastrointestinal nematodes of N'Dama cattle in the Gambia: effects on productivity and options for control. PHD Thesis, Prince Leopold Institute of Tropical Medicine, Antwerp (Belgium).

M. Boucheikhchoukh, Algérien, Médecin vétérinaire, Institut des Sciences Vétérinaires, Université d'El Tarf, BP. 73, 36000 El Tarf, Algérie.

Souad Righi, Algérienne, Magister en Sciences Vétérinaires Maître-assistante chargée de cours. Institut des Sciences Vétérinaires, Université d'El Tarf, BP. 73, 36000 El Tarf, Algérie.

Scherazad Sedraoui, Algérienne, Magister en Biologie, Maître-assistante chargée de cours, Institut des Sciences Vétérinaires, Université d'El Tarf, BP. 73, 36000 El Tarf, Algérie.

A. Mekroud, Algérien, Doctorat d'état en Sciences Vétérinaires, Professeur, Département des Sciences Vétérinaires, Faculté des Sciences, Université de Constantine, 25000 Constantine, Algérie.

A. Benakhla, Algérien, Doctorat d'état en Médecine Vétérinaire, Professeur, Institut des Sciences Vétérinaires, Université d'El Tarf, BP. 73, 36000, El Tarf, Algérie.

La pêche des poissons *Mugilidae* dans la lagune de Grand-lahou (Côte d'Ivoire): analyse de l'organisation de la pêche, des captures et de l'effort de pêche

M. Diaby^{1*}, K. N'Da² & K.S. Konan²

Keywords: Grand-lahou Lagoon- *Mugilidae*- Fishing gears- Captures- Fishing efforts- Ivory Coast

Résumé

Seize localités autour de la lagune ont été enquêtées d'avril 2009 à mars 2011. Au niveau de la passe, la pêche est pratiquée majoritairement par les Ghanéens à l'aide des éperviers. Sur le reste de la lagune, les pêcheurs autochtones sont dominants et utilisent plutôt les filets maillants. La partie océanique de la lagune, avec plus de 50% des activités et 60% des captures, constitue la zone de forte production. Dans la zone autour de la passe, le taux d'activité est de l'ordre de 25% fournissant 20% des captures. Sur les sites de la passe et de la partie continentale de la lagune, les captures par site sont inférieures à 10%. Sur le site de la passe, le pic des captures est obtenu en juillet. Les plus faibles captures sont enregistrées de février à avril. Sur le reste de la lagune, deux pics de captures sont notés en décembre et en mai ou en juin. De fin juillet à fin septembre, les captures restent très faibles et proviennent de la partie océanique et du grau. Pendant cette période, la pêche aux *Mugilidae* est interrompue sur les autres sites, à cause, probablement, de la dessalure des eaux consécutive aux crues des cours d'eau continentaux se déversant dans la lagune. Les pics d'effort de pêche ne coïncident toujours pas avec les pics des captures même si en période de fortes captures, les valeurs de l'effort sont très élevées.

Summary

The Fishing of *Mugilidae* in Grand-lahou Lagoon (Ivory Coast): Analysis of Fishing Organization, Captures and Fishing Effort

Sixteen sites, around the lagoon, have been investigated from April 2009 to March 2011. At the pass, fishing with sparrow hawks is mainly done by Ghanaians. On the other sites of lagoon, indigenous fishers are dominant and use gill-nets. Ocean area, with more than 50% of activities and 60% of captures, is the place where the highest production is realized. The site around the pass provides 25% of activities and 20% of capture. At the pass and in the continental area of the lagoon, captures remain inferior to 10%. There, the peak of captures is registered in July and the lowest ones from February to April. On the others sites of the lagoon, two peaks can be observed in December, May and July. From the end of July to the end September, captures from ocean and the pass remain very low. During this period, fishing is interrupted on the others sites for *Mugilidae* are rare and water is desalinated because of continental waterways pouring out in the lagoon. Fishing efforts peaks don't always coincide with capture peaks even if during high captures period, fishing effort values are very high.

Introduction

Les lagunes sont à interface entre les milieux continentaux et marins et communiquent avec ces derniers par l'intermédiaire d'une passe (8). Ce qui leur confère une grande diversité d'espèces marines, saumâtres ou continentales. Elles constituent donc, des milieux de haute productivité biologique (2).

En Côte d'Ivoire, les populations autochtones lagunaires sont traditionnellement des pêcheurs. Les produits de la pêche étaient principalement destinés à l'autoconsommation. Cependant, de nos jours, cette activité revêt en plus un caractère commercial (16).

La lagune de Grand-lahou est la plus petite des lagunes ivoiriennes (9). Parmi les stocks de poissons

exploités dans cette lagune, y figurent les *Mugilidae*, poissons d'origine marine, qui profitent des marées pour remonter les estuaires et les embouchures des fleuves et des rivières (14). Aucune donnée des captures de ces poissons n'existe dans les statistiques de pêche dans cette lagune. Cependant, une enquête menée auprès des pêcheurs, a montré un engouement autour de leur exploitation. Cet engouement se justifie par le fait que ces poissons qui sont pêchés toute l'année sont très appréciés grâce à la qualité de leur chair. Aujourd'hui, l'on note donc une spécialisation des pêcheurs dans la pêche de ces poissons.

C'est dans ce contexte qu'une étude de l'exploitation

¹Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Nature (UFR-SN), Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale. 14 BP 635, Abidjan 14, Côte d'Ivoire.

²Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Nature (UFR-SN), Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animale. 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: diabymoustapha2002@yahoo.fr

Reçu le 21.05.12 et accepté pour publication le 17.07.12.

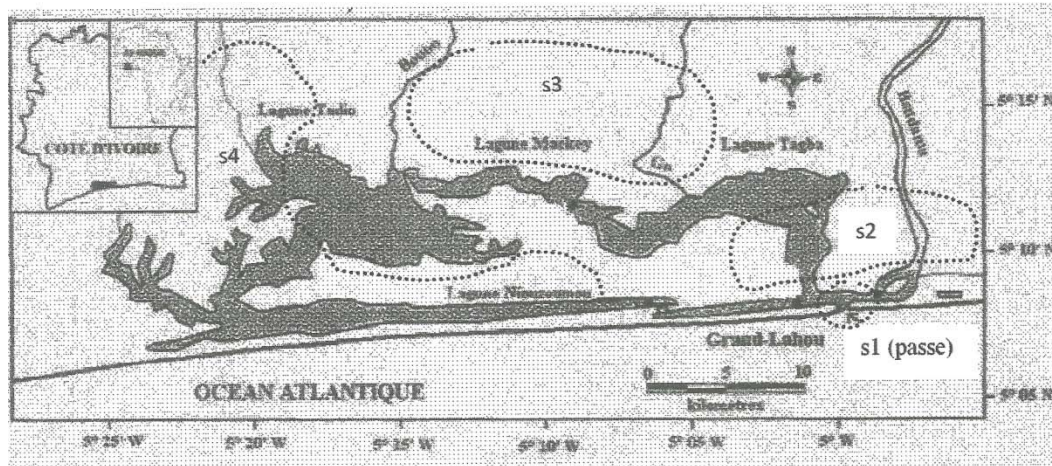


Figure 1: Sites de capture des *Mugilidae* (*Liza falcipinnis* (Valenciennes, 1836), *Liza dumerili* (Steindachner, 1870), *Liza grandisquamis* (Valenciennes, 1836), *Mugil cephalus* (Linné, 1758), *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) et *Mugil bananensis* (Pellegrin, 1927) sur la lagune de Grand-Lahou: s1, site 1; s2, site 2; s3, site 3; s4, site 4. (Source de la carte: (17)).

de ces poissons dans cette lagune a été entreprise en se focalisant sur l'organisation de la pêche, les techniques de pêche ainsi que l'estimation des captures.

Matériel et méthodes

La zone d'étude

La lagune de Grand-lahou est située entre 5°07 et 5°14 de latitude nord et entre 4° et 5°25 de longitude ouest (10). Répartie sur 190 km² (9), elle est composée de quatre petites lagunes que sont les lagunes Tadjo, Niouzoumou, Mackey et Tagba (19). Les apports d'eaux continentales proviennent du fleuve Bandama et des rivières que sont le Gô et le Boubo. Sur la base des différents milieux hydrologiques au sein de la lagune (18), il a été défini quatre sites. Ce sont, le site 1, limité à la passe et directement soumis à l'influence marine; le site 2, très instable en termes de variation de la salinité couvrant la zone proche de la passe et de l'embouchure du fleuve Bandama; le site 3, limité à la lagune Mackey, la partie continentale de la lagune; le site 4, couvrant la lagune Tadjo et la partie ouest de la lagune Niouzoumou. C'est la partie océanique de la lagune (Figure 1).

La collecte des données

Identification des localités de pêche et des pêcheurs

Les localités de pêche autour de la lagune ont été recensées. À partir des pêcheurs de *Mugilidae*, les informations notées sont le nom, la nationalité, l'âge, le niveau scolaire, le type et le nombre d'engins de pêche ainsi que les maillages des filets.

Estimation de l'effort de pêche et des captures

Sur le site 1

La pêche y est pratiquée la journée à l'épervier à partir du rivage. L'effort de pêche pour cet engin correspond au nombre de lancers (12). Pour estimer cet effort,

une étude a été menée sur des pêcheurs pendant une année. Il a ainsi été défini la proportion du temps réel consacré à la pêche par rapport à la durée totale passée sur le site. Puis, une moyenne de l'effort en nombre de lancers par heure de pêche réelle a permis d'estimer l'effort total par temps de pêche réelle. Chez les autres pêcheurs, les heures d'arrivée et de départ sur le site sont notées. La durée totale sur le site a permis d'estimer le temps de pêche réel ainsi que l'effort. Les captures journalières par pêcheur ont été relevées. Celle d'un pêcheur non enregistré est estimée proportionnellement à la capture moyenne par unité de temps de pêche du fait d'une méthodologie non appropriée dans la littérature.

Sur les sites 2, 3 et 4

L'engin utilisé est le filet maillant. L'effort de pêche est exprimé en longueur totale de filet déployé ou en unités de 100 mètres (12). Pour les spécimens de grandes tailles, les captures ont été pesées. Pour les petits spécimens de tailles plus ou moins homogènes, les captures ont été estimées en nombre de cuvettes remplies au 1/4, au 1/2, au 3/4 ou en entier et converti en poids, la cuvette remplie pesant 4 kg. Les données quotidiennement enregistrées sont, les pêcheurs du jour, les engins utilisés ainsi que les captures.

Analyse statistique

L'analyse de variance à un critère de classification (ANOVA 1) et le LSD (Least Significant Difference) de Fisher ont été utilisés pour comparer les moyennes des activités par site. Le seuil de signification statistique a été fixé à 5%. Le logiciel STATISTICA Version 7.1 a été utilisé à cet effet.

Résultats

Distribution spatiale des localités de pêche et des pêcheurs

Seize localités ont été enquêtées. Un effectif de 187 pêcheurs de *Mugilidae* a été recensé. Le site 4, le plus

fréquenté, renferme 56,25% des localités et 43,32% des pêcheurs. Il est suivi du site 2 (25% de localités; 28,34% de pêcheurs). Le site 3 quoique comptant plus de localités (12,56%) que le site 1 (6,25%) ne renferme que 8,56% de pêcheurs contre 19,79% pour le site 1.

Structure de la population des pêcheurs

Les Ivoiriens sont majoritaires (65,24%). Ils sont les plus nombreux sur les sites 2, 3 et 4. Concernant les étrangers, les Ghanéens (44,62%) sont les plus nombreux et majoritaires sur le site 1. Ils sont suivis des Maliens (35,38%), des Togolais (10,77 %) et des Sénégalais (9,23%). L'âge des pêcheurs varie de 18 à 51 ans. La tranche d'âges inférieure ou égale à 20 ans est très peu représentée (5,35%). Les jeunes dont l'âge est inférieur ou égal à 30 ans sont plus nombreux (62,57%). 63,10% des pêcheurs sont analphabètes. Quant aux pêcheurs scolarisés; 24,60% ont un niveau primaire contre 12,30% de niveau secondaire (Tableau 1).

Activité de la pêche

La pêche est pratiquée toute l'année. A l'échelle de la lagune, plus de 2000 pêcheurs sont mobilisés par

mois, excepté les mois d'août et de septembre où l'effectif des pêcheurs oscille autour de 1500 (Figure 2).

En analysant les taux d'activité par site, la pêche est plus intense sur le site 4 avec plus de 50% des activités, suivi du site 2 où l'activité est autour de 25%. Sur le site 1, elle reste au-dessus de 10% et varie de 8 à 9% sur le site 3. Les moyennes des activités sur

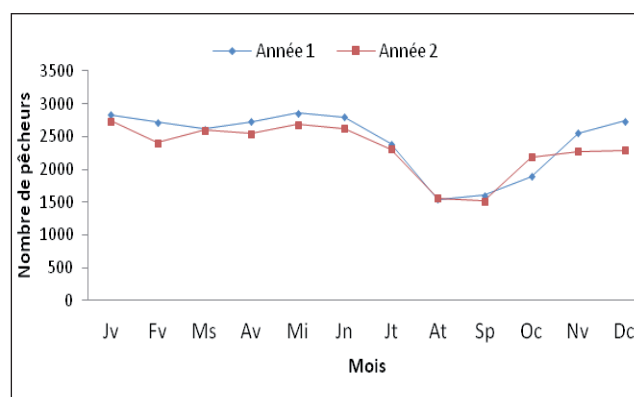


Figure 2: Variation de l'activité mensuelle (nombre de pêcheurs mobilisés) de la pêche des *Mugilidae* dans la lagune de Grand-lahou.

Tableau 1
Répartition des pêcheurs de *Mugilidae* selon la nationalité, le niveau scolaire et l'âge

		Site 1 Effectif (%)	Site 2 Effectif (%)	Site 3 Effectif (%)	Site 4 Effectif (%)	Lagune Effectif (%)
Nationalités	Ivoiriens	6(16,22)	36(67,92)	16(100,00)	64(79,01)	122(65,24)
	Etrangers	31(83,78)	17(32,08)	0(0,00)	17(20,99)	65(34,76)
	Total	37	53	16	81	187
Pêcheurs étrangers	Ghanéens	28(90,32)	1(5,88)	0(0,00)	0(0,00)	29(44,62)
	Togolais	3(9,68)	2(11,76)	0(0,00)	2(11,76)	7(10,77)
	Sénégalais	0(0,00)	4(23,53)	0(0,00)	2(11,76)	6(9,23)
	Maliens	0(0,00)	10(58,82)	0(0,00)	13(76,47)	23(35,38)
	Total	31	17	0	17	65
Niveau scolaire	SANS	33(89,19)	31(58,49)	8(50,00)	46(56,79)	118(63,10)
	Primaire	3(8,11)	15(28,30)	4(25,00)	24(29,63)	46(24,60)
	Secondaire	1(2,70)	7(13,21)	4(25,00)	11(13,58)	23(12,30)
	Total	37	53	16	81	187
Age	Inf. à 20	6(16,22)	2(3,77)	0(0,00)	2(2,47)	10(5,35)
	Inf. à 30	28(75,68)	33(62,26)	8(50,00)	48(59,26)	117(62,57)
	Sup. à 30	9(24,32)	20(37,74)	8(50,00)	33(40,74)	70(37,43)
	Total	37	53	16	81	187

Tableau 2
Variation de l'activité (nombre de pêcheurs mobilisés) de la pêche des *Mugilidae* par site dans la lagune de Grand-lahou

	Taux d'activités		Activités moyennes	
	1 ^{ère} année effectif (%)	2 ^{ème} année effectif (%)	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année
Site 1	3111(10,63)	2889(10,42)	259,25 ± 48,86 ^a	240,75 ± 53,38 ^a
Site 2	7223(24,67)	7199(25,96)	601,92 ± 317,65 ^b	599,92 ± 304,15 ^b
Site 3	2496(8,52)	2748(9,91)	208,00 ± 145,56 ^a	229,00 ± 137,76 ^a
Site 4	16449(56,18)	14893(53,71)	1370,75 ± 75,68 ^c	1241,08 ± 137,67 ^c
Total	29279	27729		

Les valeurs de la même colonne suivies des lettres distinctes sont significativement différentes au seuil 5%.

les sites 1 et 3 ne montrent pas de différences pour les deux années, contrairement aux autres sites pris deux à deux (Tableau 2). L'activité est permanente sur les sites 1 et 4 et interrompue sur les sites 2 et 3 en août et en septembre.

Les engins de pêche

Deux types d'engins sont utilisés. Ce sont les filets maillants de faible hauteur (0,5 à 2 mètres), les plus dominants (79,68%) et les éperviers (20,32%). Les éperviers sont exclusivement utilisés sur le site 1, de même que le sont les filets maillants sur le site 3. Sur les sites 2 et 4 où ces deux engins sont utilisés, les filets maillants restent dominants dans des proportions de 94,59% et 94,89% respectivement sur les sites 2 et 4.

Captures et effort par site

Sur les sites 2 et 4, compte tenu des contraintes, seules les captures des pêcheurs utilisant le filet maillant ont pu être relevées. Les valeurs annuelles des captures et de l'effort de pêche de la première année sont plus élevées que celles de la deuxième année. Cette tendance est observée sur les différents sites à l'exception du site 3. En considérant les rendements par sites, le site 4, avec un apport de 55% à 56% des captures, constitue la zone de plus forte capture au sein de la lagune. Puis, arrive le site 2 (20 à 22%). Les captures sur les sites 1 (13%) et 3 (7 à 10%) sont plus faibles. Sur les sites 2, 3 et 4, les captures sont directement corrélées au niveau d'effort déployé. Le plus grand effort étant observé sur le site 4 et le plus faible sur le site 3 (Tableau 3).

Evolutions mensuelles des captures et de l'effort de pêche

Sur les sites 2, 3 et 4, les courbes d'évolution des captures et de l'effort de pêche montrent une grande similarité (Figures 3B, C et D). Deux pics de fortes captures sont à noter. Les captures baissent à partir de juillet. Cette baisse a lieu plus tôt sur le site 3 en juin. Alors que les captures restent très faibles de juillet à septembre sur le site 4, elles sont nulles en août et

en septembre sur les sites 2 et 3. A partir d'octobre, les captures remontent pour atteindre un pic en décembre, et ce, sur chacun de ces trois sites. Elles baissent à partir de janvier à mars sur ces sites voire jusqu'en avril sur les sites 2 et 4. Puis, elles remontent pour atteindre un second pic en mai sur le site 4 et en juin sur le site 2. Sur le site 3 par contre, ce deuxième pic est moins prononcé.

Sur le site 1, les captures restent très faibles de février à avril. A partir de mai, elles croissent pour atteindre un pic unique en juillet. Puis, la tendance générale est à la baisse jusqu'en avril (Figure 3A).

Alors que les captures sont en chute libre sur les sites 2, 3 et 4 en juillet, elles atteignent les valeurs les plus grandes sur le site 1. De même, en décembre et en janvier, alors que les pics des captures sont atteints sur les sites 2, 3 et 4, ces captures sont en chute sur le site 1.

De manière générale, les courbes de captures et de l'effort de pêche ont une évolution similaire. Les pics de faibles et de fortes captures sont corrélés à ceux de l'effort de pêche. Cependant, les pics d'effort ne coïncident toujours pas avec ceux des captures même si en période de fortes captures, les valeurs de l'effort sont très élevées.

Tableau 3
Captures (tonnes) et effort de pêche (*en nombre de lancers; **longueur de filet en mètres)

		Capture en tonnes (%)	Effort de pêche	Engins de pêche
1 ^{ère} année	Site 1	11,55(13,03)	388993*	épervier
	Site 2	20,37(22,98)	545338**	filet maillant
	Site 3	6,678(7,53)	218224**	filet maillant
	Site 4	50,07(56,47)	1257036**	filet maillant
	Total	88,68-	2020598	filet maillant
2 ^{ème} année	Site 1	10,43(13,58)	377416*	épervier
	Site 2	15,69(20,43)	546445**	filet maillant
	Site 3	76,80(10,00)	220180**	filet maillant
	Site 4	43,01(55,99)	1126163**	filet maillant
	Total	76,82	1892788	filet maillant

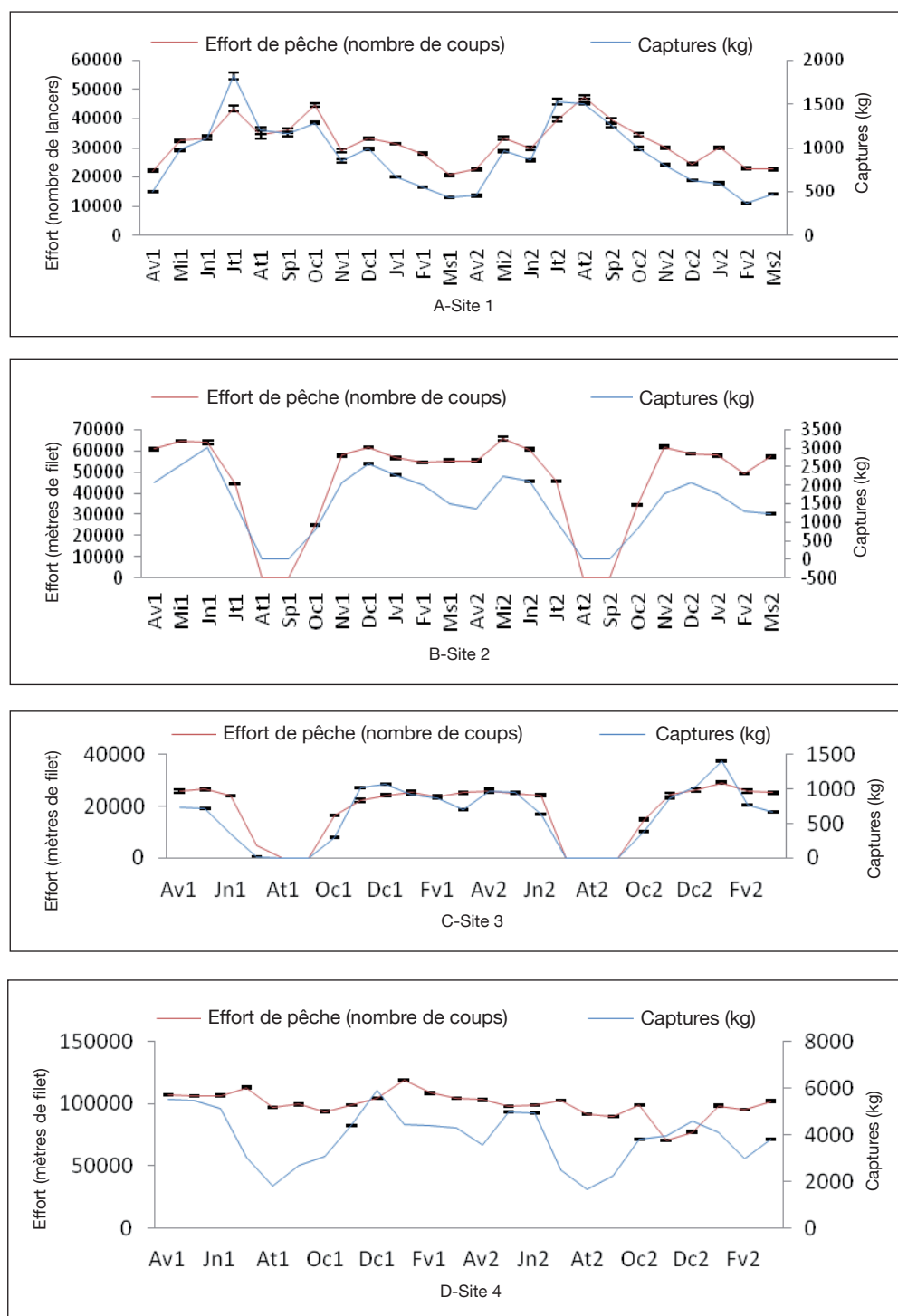


Figure 3: Courbes d'évolution des captures de *Mugilidae* et d'efforts de pêche sur les différents sites de la lagune.

Discussion

Les *Mugilidae* sont pêchés dans les localités réparties sur tous les pourtours de la lagune. Cette distribution dans tous les secteurs hydrologiques au sein de lagune serait liée à leur caractère euryhalin (14, 15).

Les engins de pêche utilisés par les pêcheurs sont l'épervier et le filet maillant. Ces engins sont mentionnés parmi ceux utilisés au niveau de cette lagune (5, 16). D'autres types d'engins, utilisés pour la pêche aux *Mugilidae* ont toutefois été signalés ailleurs (20).

Cinq nationalités sont impliquées dans la pêche aux *Mugilidae* dans la lagune de Grand-lahou. Cette pêche y est pratiquée en majorité par les autochtones (65,24%). En considérant les sites autres que celui de la passe (site 1), ces populations autochtones représentent 77,33%. Traditionnellement pêcheurs, elles considèrent la lagune comme le prolongement de leurs terres villageoises. La pêche a toujours été pratiquée pour satisfaire les besoins de la famille et de la communauté (16). Ainsi, la pêche aux *Mugilidae* à

l'instar de la pêche en général sur la lagune est régie par les règles qui font d'eux les principaux exploitants des ressources de la lagune (11), la façade maritime étant librement exploitée par les populations étrangères surtout d'origine ghanéenne (4, 7, 13). Les populations d'origine étrangère sont moins représentées (34,76%), quoique fortement impliquées dans la pêche artisanale en Côte d'Ivoire (7) et à Grand-lahou (11). Sur le site 1, les pêcheurs étrangers sont les plus nombreux (83,78%), constitués majoritairement de Ghanéens (90,32% de la population étrangère). Cette situation se justifie par le fait que, la pêche à l'épervier telle que pratiquée sur ce site demande beaucoup d'effort physique, principale raison avancée par les populations autochtones et les autres étrangers.

Le site 1 présente le taux de pêcheurs analphabètes le plus élevé (89,19%). Sur les autres sites où les pêcheurs autochtones sont majoritaires, le taux de scolarisation varie entre 40% et 50%. Dès lors, les populations intéressées par la pêche sont les non scolarisées (plus de 50% des pêcheurs) et les adultes de moins de 30 ans (62,57%). Delaunay (6) évoquait également l'impact de la scolarisation des enfants sur la transmission des savoir-faire chez les pêcheurs Alladjan, également traditionnellement pêcheurs.

Les captures annuelles sont passées de 88,68 tonnes la première année à 76,82 tonnes la deuxième année. Cette baisse peut être justifiée par une baisse de l'activité de la pêche. En effet, pendant cette période, l'on a noté une intensification de la crise survenue à la SICOR. Les champs de coco sur l'île couvrant toute la partie centrale de la lagune étaient exploités par les populations locales. L'on a donc noté un regain d'intérêt pour la cueillette du coco, qui leur semble être beaucoup plus rentable que la pêche.

Sur les sites 2, 3 et 4, où les captures ont été faites avec le filet maillant, le site 4 est la zone de plus forte capture, suivi du site 2, puis du site 3. La contribution de chaque site en termes de captures, serait en rapport direct avec le nombre de localités et de pêcheurs. En effet, le site 4 regorge plus de localités et de pêcheurs que le site 2 où ces deux paramètres sont plus importants que sur le site 3.

De manière générale, sur les sites 2, 3 et 4, la période des fortes captures est concentrée sur les mois de décembre et de janvier, puis en mai sur le site 4 et en juin sur le site 2. De plus, l'on note une inversion des périodes de forte et de faibles captures entre le site 1 et les autres sites. Ces variations semblent trouver une explication à la fois au niveau des changements des paramètres physico-chimiques de l'eau de la lagune, mais aussi au cycle biologique, notamment la reproduction chez ces *Mugilidae*. En effet, pendant la saison des pluies, les crues des cours d'eau se déversant dans la lagune entraînent sa dessalure, notamment les sites 2 et 3 (9, 18). Ceci pourrait expliquer l'absence des captures sur ces deux sites en août et en septembre, et les faibles captures de juillet

à octobre. Les *Mugilidae* sont des poissons euryhalins d'origine marine, qui affectionnent particulièrement les eaux saumâtres (1). Nos travaux en cours montrent que les mois de juillet à octobre coïncident avec la période de reproduction de quatre des six espèces identifiées dans cette lagune. La reproduction se déroule au niveau du grau chez certaines espèces, probablement en milieu marin pour l'espèce *Mugil cephalus* comme cela a été noté ailleurs (21), ou dans la lagune Ebrié, contigüe à celle de Grand-lahou où la reproduction de l'espèce *Liza falcipinnis* a été signalée (3). Ainsi, la migration éventuelle de *Mugil cephalus* par la passe, couplée à une forte concentration d'autres espèces sur ce site pour la reproduction, pourraient expliquer le pic des captures sur ce site en juillet.

De novembre à janvier, l'on note une reprise de l'activité de la pêche, due à un repeuplement de tous les secteurs de la lagune. Les pics des captures sur les sites 2, 3 et 4 en décembre et en janvier, pourraient être liés à un retour après la reproduction et à une augmentation de la salinité du milieu (18). A partir de ce moment, le site 1 n'est peuplé que par les espèces inféodées à ce milieu. D'où une chute des captures sur ce site à partir d'octobre ou de novembre.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'influencer l'activité de la pêche, notamment les activités agricoles, comme c'est le cas pour la plupart des pêcheurs autochtones qui possèdent aussi des champs. Cependant sur le site 1, la baisse de l'effort ou de l'activité est aussi directement influencée par la saison de pêche en milieu marin. En effet, les pêcheurs sur ce site sont d'origine ghanéenne, dont les revenus proviennent essentiellement de la pêche maritime (13). L'intensité de la pêche est donc influencée au niveau de ce site par les sorties en mer.

Conclusion

Le but de ce travail était d'étudier la pêche des *Mugilidae* dans la lagune de Grand-lahou. La pêche est pratiquée dans tous les secteurs de la lagune. Quoique pratiquée toute l'année, elle reste cependant interrompue au niveau de la partie continentale de la lagune et dans le secteur proche de la passe en août et en septembre. Pendant cette période, ces poissons y sont absents, à cause probablement de la dessalure des eaux, consécutive aux crues des cours d'eau continentaux se déversant dans la lagune.

Au niveau de la passe, la pêche est du ressort des pêcheurs ghanéens, qui la pratiquent exclusivement à l'aide d'éperviers. Dans les autres secteurs de la lagune, la pêche est principalement exercée par les populations autochtones, qui affirment leur droit d'autorité sur la lagune. Celles-ci la pratiquent sous une forme artisanale à bord de pirogue monoxyle avec principalement les filets maillants.

Cette étude montre que la partie océanique de la lagune, regorgeant le plus grand nombre de pêcheurs de *Mugilidae*, constitue la zone de plus

forte production, suivi de la zone autour de la passe. Les plus faibles captures étant enregistrées sur les sites de la passe et de la partie continentale de la lagune.

Aussi, cette activité est susceptible d'être influencée par de nombreux facteurs, qui agissent, non seulement sur les captures, mais aussi sur l'effort de pêche.

Références bibliographiques

- Albaret J.J., 1992, Mugilidae *In*: Levêque C., Paugy D. & Teugels G.G. (eds.): Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest Tome 2. Coll. Faune Trop. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique and ORSTOM, Paris, France. N°28, 780-788.
- Albaret J.-J., 1994, Les peuplements des estuaires et des lagunes. *In*: Paugy D. & Levêque C. (Eds): Les poissons des eaux continentales africaines, diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD éditions, Paris, 355-380.
- Albaret J.J. & Legendre M., 1985, Biologie et écologie des *Mugilidae* en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Rev. Hydrobiol. Trop.* **18**, 4, 281-303.
- Anoh K.P., 2007, Dynamique de l'occupation du littoral ivoirien à des fins halieutiques et aquacoles. *Revue du CAMES-Nouvelle Série B*, 009, 2, 345-354.
- Briet R., 1964, La pêche à Grand-lahou. *Rapp. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 72 p.
- Delaunay K., 1988, Mission sur le littoral Alladian du 13 au 26 juin 1988. *Rapp. ORSTOM*, 30 p.
- Domingo J., 1980, Aspects de l'évolution récente des pêches artisanales en Côte d'Ivoire. *In*: Norois, 106, 181-198.
- Dufour P., Lemoalle J. & Albaret J.J., 1993, Le système Ebrié dans les typologies lagunaires. *In*: Durand J.-R., Dufour P., Guiral D. & Zabi S.G. F. (Eds): Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II- Les milieux lagunaires. ORSTOM éditions, Paris, 17-24.
- Durand J.R. & Chantraine J.M., 1982, L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.* **15**, 2, 85-113.
- Durand R. & Skubich M., 1979, Recherches sur les lagunes ivoiriennes. *Doc. Multigr. C.R.O.*, Abidjan, 55 p.
- Ecoutin J.-M., Delaunay K. & Konan J., 1993, Les pêches artisanales maritimes. *In*: Le Loeuff Pierre (ed.), Marchal Emile (ed.), Amon Kothias J.B. (ed.) Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome 1- Le milieu marin. ORSTOM éditions, Paris, pp. 537-550.
- FAO, 2001, Directives pour la collecte régulière de données sur les pêches de capture. *FAO document technique sur les pêches*. N°382. Rome, FAO, 123 p.
- Golé Bi G.G., Koffi K.J.D.D. & Dadi S.G., 2005, Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. *Document FAO. Programme pour les moyens d'existence durable de la pêche en Afrique de l'ouest*. 49 p.
- Harrison L.J., 2008, Mugilidae. *In*: Stiassny M.L.J., Teugels G.G. & Hopkins C.D. Poissons d'eaux douces et saumâtres de Basse-Guinée, ouest de l'Afrique Centrale- 2 volumes. Collection Faune et Flore Tropicales. IRD Editions, Paris, 451-470.
- Keith P. & Allardi J., 2001, Atlas des poissons d'eau douce de France. *Patrimoines Naturels*, 47, 387 p.
- Koffie-Bikpo C.Y., 2006, Modification des conditions hydrologiques et évolution des méthodes de pêche dans la lagune de Grand-lahou. *Revue du CAMES- Nouvelle Série B*, 007, 2, 121-131.
- Komoé K., Da Konhété P., Kouassi A.M., Aka N.M., Kagoyire K.A. & Adingra A.A., 2009, Seasonal distribution of phytoplankton in Grand-lahou lagoon (Côte d'Ivoire). *Europ. J. Scientific Research*. **26**, 3, 329-341.
- Konan K.S., Kouassi A.M., Adingra A.A., Bongui B.K. & Dago G., 2008, Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale: la lagune de Grand-lahou, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* **21**, 3, 376-393.
- Lae R., 1982, Premières observations sur la pêche en lagune de Grand-Lahou. *D.E.A. Océanographie Tropicale*, Université de Brest, 30 p.
- Sarr S.M., 2010, Dynamique d'exploitation de *Mugil cephalus* dans l'estuaire du fleuve Sénégal en pêche artisanale. *Mémoire de MASTER. Université Polytechnique de Bobo-dioulasso*. 67 pp.
- Thomson J.M., 1955, The movements and migrations of mullet (*Mugil cephalus* L.). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* **6**, 328-347.

M. Diaby, 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. 14 BP 635, Abidjan 14, Côte d'Ivoire.

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. 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

K.S. Konan, 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. 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

Farmer's Perception and Adoption of New Aquaculture Technologies in the Western Highlands of Cameroon

D. Njankoua Wandji^{1*}, V. Pouomogne², J. Nyemeck Binam¹ & R. Yossa Nouaga³

Keywords: Fish pond- Adoption- LOGIT model- Probability- Cameroon

Summary

Like other African countries, Cameroon is struggling to meet the food needs of its population. There are several possible solutions to this problem, such as the import of agricultural produce and increasing national production. In terms of fishery products (fish, shrimps, etc.), it would not be easy to increase national production, due to the various constraints inherent in the sector and national industry, as well as low availability of farming areas. Fish farming is one of the solutions recommended as a sustainable method of producing an adequate supply of fish (farming fish in ponds). The main objective of this study is to highlight and analyse the socio-economic obstacles that are holding back the development of fish farming in the West Cameroon. Using the univariate dichotomous LOGIT model, this study has made it possible to identify the key determinants affecting the adoption of fish farming. The results indicate that its strong commercial orientation, coupled with the positive perception of its profitability, frequent contact, extension and level of education are the main determinants for the adoption of fish farming.

Résumé

Perceptions paysannes et adoption de l'innovation piscicole dans la région montagneuse de l'Ouest Cameroun

Le Cameroun, à l'instar d'autres pays africains, connaît des difficultés pour la satisfaction des besoins alimentaires de sa population. Plusieurs solutions existent pour la résolution de ce problème. On peut citer entre autre l'importation des produits alimentaires et l'accroissement de la production nationale. Dans le cas des produits de la pêche (poissons, crevettes etc.), l'accroissement de la production nationale n'est pas toujours aisé, en raison d'une part des contraintes multiformes inhérentes au secteur et à l'industrie nationale et d'autres parts de la faible disponibilité des zones d'exploitations. L'une des solutions préconisées pour une offre durable de poissons est la pisciculture (production de poissons en étangs). C'est l'objet de ce travail qui a pour objectif principal de mettre en évidence et d'analyser les contraintes socio-économiques qui freinent le développement de la pisciculture à l'Ouest du Cameroun. En utilisant un modèle LOGIT dichotomique univarié, cette étude a permis d'identifier les principaux déterminants de l'adoption de la pisciculture. Les résultats indiquent que la forte orientation commerciale, la perception positive de la rentabilité, les contacts fréquents avec la vulgarisation, le niveau d'éducation sont les principaux déterminants de l'adoption de la pisciculture.

Introduction

In the majority of societies^a on the African continent, fish farming represents a technological innovation, as the task involves introducing this relatively intensive practice to environments, in which only extensive farming has traditionally been practised (17). This new production technique can be seen in contexts, which are characterised by a variety of constraints - of a climatic, agronomic or socio-economic nature - and the diversity of human environments, which are not consistently receptive to technical changes.

Francis Douchamps (18) mentions that the problems

affecting fish farming are very different in countries with a fish farming tradition (China, other Asian countries, Europe) from those with no established tradition. The introduction of new fish farming technologies and increased productivity therefore do not pose major problems in countries, in which fish farming goes back many generations. However, countries without a fish farming tradition face the same problem that can be observed whenever any new technology or activity is introduced. The above-mentioned authors state that the dream of improving living standards for rural

^aWith very rare exceptions, such as Benin, where traditional forms of fish farming have developed.

¹International Institute of Tropical Agriculture, Humid Forest Centre, B P 2008, Yaoundé, Cameroon.

Tel.: (+237 2237522/ +221 776023454) Fax: (00237 223 74 37) wndieunedort@yahoo.fr/Njankoua.wandji@unep.org

²Institute of Agricultural Research for Development, B.P. 2067, Yaoundé-Messa, Cameroon.

³World Fish Centre s/c BP 2008 IITA Yaounde-Cameroon.

* Corresponding author

[†]The author currently works as an economist for the United Nations Environment Programme (UNEP) in Dakar, Senegal.

Received on 12.04.12 and approved for publication on 23.07.12.

households in developing countries, by increasing agricultural productivity, will remain an illusion if the rates, at which these technologies and innovations are adopted, remain low (6, 15, 22).

In terms of promoting agricultural innovations, three main paradigms are used to explain the decision to adopt these new approaches. The paradigm based on the perception of those who adopt them suggests that the perception of the attributes of the technology conditions the technology adoption behaviour of farmers. Therefore, even if they have comprehensive information on the innovation, farmers can arrive at a subjective evaluation, which give rise to different results from those obtained by scientists (9, 10, 16, 19, 24). Most studies on this topic consider the socio-economic characteristics of farmers to be key determinants affecting adoption of the new technology. Although some of these factors are important, the vast majority of these studies ignore or fail to take account of the farmers' subjective perception of the technology and its ultimate results. These studies can therefore be biased when it comes to the factors affecting farmers' decisions concerning the adoption of this technology (1).

Adesina and Zinnah (2) have shown that farmers' perception of the characteristics of agricultural technologies strongly influences their adoption behaviour, and these authors suggest that this type of factor should be included in technology adoption studies.

The objective of this study is to determine factors that may significantly influence the adoption of fish farming by farmers.

Materials and methods

Study data and region

In geographical terms, our study focused on the Cameroon's West Province. Several reasons justify selecting this region, including its relatively isolated location, in terms of fishery and hunting products, as no rivers or streams can be found there, which could be used for fish farming, except for the Mapped dam in the Noun *departement*, and the rarity of game in the savannah. In addition, the existence of a political will to promote fish farming in this area, which led to the creation of a fish farming research station, together with a breeding centre in Koupa Matapit and a centre for zootechnical and veterinary training in Foumban, which focuses on fish farming.

For the purpose of our study, the two-stage probability sampling method was used. In the end, data was collected from a sample of 120 farmers, 45 of whom were fish farmers.

Analysis model

The influence of subjective perception on the adoption behaviour for fish farming innovations and the socio-economic determinants of this adoption

was analysed using the LOGIT model. The use of this type of qualitative dependent variable analysis is not a recent development (8, 9, 10). However, this was the first time it had been used for fish production in Sub-Saharan Africa. In addition, it has been shown that these models are more appropriate for the analysis of dichotomous decisions, when it is necessary to interpret a dependent variable in the form of probability (11).

Empirical model

The qualitative dependent variable (PISADOPT) assumes the value 1, if the farmer practises fish farming, and the value 0 if this is not the case.

In addition to the traditional variables, which characterise the producer and his environment, we used other variables that express the perception of fish farming, compared to food production. These variables include: perception of the complexity of fish production compared to food production, as practised by the farmer (FISHDIF), perception of the profitability of fish production compared to that of food crops (FFRENT), estimated initial cost of starting fish production (FISHCOST), perception of the income risk associated with fish production (FFRISK), the commercial or non-commercial orientation of fish production (COMMER), the existence or non-existence of marshy lowlands or a small river close to the farm (TOPO) and whether it was possible to obtain an agricultural loan (CREDIT).

Results and discussion

LOGIT model results

Like other qualitative dependent variable models, the LOGIT model enables us to predict the adoption probabilities for fish farming. However, the quality of this prediction depends on the nature and relationships between the independent variables. With this in mind, Cramer (11) states that the multicollinearity between the independent variables introduces a bias affecting the estimated coefficients.

We took this into account and therefore calculated the correlation coefficients between the explanatory variables. The results obtained by analysing Pearson-type correlations enabled us to produce three groups of explanatory variables, based on the mutual correlation coefficients. Using this procedure, all variables within the same group are those, whose mutual correlation coefficients are not significant based on thresholds of 1% and 5%.

Using the chi-square test, estimate accuracy compares the probabilities observed in the sample with those estimated by the model. Its significance rate was 0.405, 0.412 and 0.390, respectively, for explanatory variable groups 1, 2 and 3. These results indicate respective risk levels of 40.5%, 41.2% and 39% for the three estimates, if we accept the hypothesis that a difference exists between the estimated and observed

Table 1
Results from the LOGIT model - fish farming adoption estimates for the three explanatory variable groups

Group 1		Group 2		Group 3	
Variables	Estimated coefficients and probabilities ()	Variables	Estimated coefficients and probabilities ()	Variables	Estimated coefficients and probabilities ()
gender (B)	1.2322 (0.080) *	commer (M)	1.592 (0.003)***	age (D)	0.053 (0.882)
fishcost (C)	-0.877 (0.129)	topo (N)	0.4525 (0.379)	ffexp (Q)	0.102 (0.360)
educ (E)	0.7305 (0.047) **	fsize (O)	2.06 ^E -06 (0.851)	ffrent (K)	1.505 (0.003)***
famsiz (F)	0.029 (0.328)	credit (P)	-0.1214 (0.829)	constant	-0.839 (0.326)
farmasso (G)	-0.318 (0.588)	constant	-0.688 (0.171)		
contact	0.574 (0.084) *				
fishdif (H)	0.407 (0.455)				
sostat (J)	-0.6081 (0.355)				
ffrisk (L)	-1.917 (0.118)				
constante	-0.1411 (0.5933)				

Group 1: chi-square of model= 14.54 significance= 0.1041
 estimate accuracy= 70.282 DL= 64 significance= 0.435***
 prediction accuracy= 64.38%

Group 2: chi-square of model = 11.063 DL= 4 significance= 0.025**
 estimate accuracy= 72.910 DL= 69 significance= 0.412***
 prediction accuracy= 67.12%

Group 3: chi-square of model= 9.803 significance= 0.020**
 estimate accuracy= 73.609 D = 70 significance= 0.390***
 prediction accuracy= 67.12%

** *= significant at a threshold of 1%
 **= significant at a threshold of 5%
 *= significant at a threshold of 10%.

probabilities.

This prompts us to concede that there is no difference between the estimated and observed probabilities, and the three models therefore estimate probabilities accurately. The accurate prediction percentage indicates that 64.38%, 67.12% and 67% of cases (adoption and non-adoption) in the sample were correctly predicted for each of the three models.

The influence of significant variables on the probability of adoption was measured by the previously estimated LOGIT function slopes. As the LOGIT function is non-linear, its slope is therefore the product of three factors: probability of Xi, probability of the opposite event to Xi and the estimated Bi coefficient of Xi in the LOGIT function (11). The same author recommends the use of adoption percentages from the sample for the evaluation of slopes.

The slope associated with the (gender) variable reflects the fairly significant influence of gender on the adoption probability for fish farming. In fact, this result indicates that the adoption probability increases by about 28.8%, when the focus shifts from a female to a male target population.

Similarly, the transition from illiteracy to basic education increases the adoption probability by 17.1%. This result also shows that the adoption

probability increases by 17% if we shift our attention from a less educated to a better educated or trained population.

The slope of the variable (contact) shows us that the adoption probability can be increased by about 13.5%, by means of a more present extension policy, in terms of the number of contacts with the target populations.

The commercial orientation or purpose of fish production increases its adoption probability to highly significant extent (37.5%).

In the same way, the idea or perception of fish farming as a more profitable activity than food crops increases its adoption probability by about 35.2%.

Discussion

It emerges from the results obtained from the three estimates that fourteen of the sixteen explanatory variables produce the expected outcomes and five of these variables have a significant influence on the adoption probability for fish farming.

The commercial orientation of fish farming (COMMER) is significant at around 1%. This result confirms those obtained by other empirical studies (11) and also reflects the fact that farmers see fish production as

Table 2
LOGIT curve slopes for the adoption of fish farming
(Quasi-elasticity of adoption probability)

Xi variables	Gender (B)	Educ (E)	Contact (I)	Commer (M)	Ffrent (K)
Coefficients	1.232	0.730	0.574	1.595	1.505
Slopes or Quasi-elasticity	0.288	0.171	0.135	0.375	0.352

an activity with high start-up costs, which cannot only be used to feed their families, and therefore assign a commercial orientation to it. Similarly, the results obtained by Ajaga (4) show that the high initial investment cost is still a factor that leads to low adoption levels for fish farming. This result is also linked to that obtained from the initial start-up cost variable (FISHCOST), which shows itself to be negatively linked to the adoption behaviour, although it is not significant, as the quality of the mountain terrain requires farmers who do not have access to lowlands or a river/stream close to their farms to undertake relatively costly landscaping work. This reflects the major financial concerns of fish farmers and may therefore explain the “commercial orientation” perception that they assign to this innovation. Even if some farmers consider that it would cost nothing to dig a pond, as most of them (fish farmers) used (paid) outside labour to create their fish ponds, by taking advantage of assistance provided by the Peace Corps Volunteers. This result is very close to those obtained by Beck (1980) and Koknik (1981)¹ who estimate the cost of setting up domestic fish farming to be 1% of what it would cost to set up fish farming for purely commercial purposes.

Frequent contact with fish farming and/or agricultural extension agents (CONTACT) positively influences adoption behaviour for fish farming. This has been observed by Koffi (20), who recorded an abandonment rate of 46% for loosely monitored fish farmers in the Ivory Coast. When it comes to fish farming in West Cameroon, the presence of extension officers, US Peace Corps volunteers and the increasing number of farmer groups, which sometimes comprise fish farmers, may represent explanatory factors.

Of the variables that characterise the perception of fish farming innovations by farmers, only the financial profitability of fish farming (FFRENT) is statistically significant at a threshold of 1%. Similarly, for Ajaga (5), economic factors that contribute to the abandonment of fish farming in *departements* of West Cameroon are the investment cost and market price of fresh fish produced in the ponds. These results are similar to those obtained by Modadugu *et al.* (21) who found that, before the introduction of the silver barb (*Puntius gonionotus*) in Bangladesh, the major constraints identified by farmers were the lack of capital (81.5%) and know-how (72.2%).

Therefore, the more farmers consider it costly to set up fish farming, the more they believe that fish farming must be more profitable than other agricultural activities. This situation is reflected in the analysis results by the high significance level (1%) of the variable (FFRENT). This conclusion is also similar to that obtained by Koffi (20), who notes that 94.6% of the new fish farmers surveyed are motivated by the need to maximise income.

The other variables that characterise the perception of fish farming innovations by farmers are risk (FFRISK) and complexity (FISHDIF), which, although not significant, are negatively linked to the adoption probability. These results are in line with the observations, as most fish farmers, including even the most experienced and some new fish farming extension workers, are unaware of farming techniques, such as stocking and sexing methods (20).

This can be seen as a way, in which the idea of a complex and relatively high-risk activity influences the adoption behaviour.

This reality is also explained by Amy (7) and Elamin (12) who state that irreversibility and uncertainty play a very important role in the decision to adopt a new technology. In the case of fish farming, the farmers know or at least consider that it will not be possible to recover the initial investment if the technique is abandoned, or only a very small amount will be recovered, compared to a traditional agricultural activity.

The results linked to the characteristics of fish farming technology, as seen by the farmer, confirm those of previous studies that used the farmer “perception paradigm” (1, 2). This convergence reinforces the idea that it is vital that all fish farming extension policies take account of the farmers’ perception of fish farming innovations.

The other variables that characterise the farmer, such as level of education (EDUC) and gender (SEX), are significant at 5% and 10%, respectively. These results are closely linked to the farmers’ idea of complexity (FISHDIF) and are reflected by the strong male domination of fish farming. This is in line with the conclusions of Koffi (20), who encountered only 2% of women in a sample of over 100 fish farmers. Koknik² explains this by the fact that the agricultural innovation extension services have always targeted men and ignored women and their crucial role in the economic and social life of farm households.

The topographic variable (TOPO), although not significant, is positively linked to the adoption probability for fish production. This is close to the reality, as a certain number of the farmers surveyed say that they do not practise fish farming, due to the lack of lowlands required for this activity.

In fact, lowland hydromorphic soils found (PH= 7) and neutral soils are suitable for fish farming (20, 25). The creation of a pond using pipes, in the absence of lowlands, increases the initial cost and is therefore a disincentive to fish farming.

This finding is very useful, as it encourages those responsible for promoting this innovation to promote fish farmer associations, which will enable them to make use of lowlands that are suitable but not used for fish farming, and do not exist on all farms.

¹Quoted by Ajaga (3).

²Cité par Ajaga (4).

Conclusion

By using a univariate dichotomous LOGIT model, this study made it possible to identify the main determinants affecting the adoption of fish farming in the temperate aquaculture zone of West Cameroon. The results obtained indicated that a strong commercial orientation, positive perception of profitability, frequent contact with extension officers, a high level of education and masculine gender are the main determinants affecting the adoption of fish farming.

In addition, increasing these variables may also increase the probability of adoption by 37.5%, 35.2%, 13.5%, 17.1% and 28.8 %, respectively.

The role of aquaculture development policy

In view of the important problem of an insufficient supply of fish in the rural regions of West Cameroon and the main conclusions of this study, we wish to

make the following the recommendations.

Due to the difficulties associated with farmers' level of education, we recommend the introduction of primary education and practical training in fish farming. More precisely, this means setting up fish farms at rural schools. The existence of such *farmer field schools* may facilitate the acquisition of a farmer mentality and effective management of fish farming innovations. This procedure is very important, as the absence of a fish farming tradition is one of the main causes of failed adoption of fish farming in Africa.

Extension must place special emphasis on improving farmers' perception of the profitability of fish farming. In practice, it is necessary to show farmers that fish farming, when properly managed, is very profitable in economic terms.

Literature

- Adesina A.A. & Zinnah M.M., 1993, Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a Tobit model analysis in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9, 1993.
- Adesina A.A. & Zinnah M.M., 1996, Impact of modern mangrove swamp rice varieties in Sierra Leone and Guinea. *International Rice Research Notes*, 18, 4, 4. *Agricultural Economics Research Report* 48 November 1987.
- Adesina A.A. & Siradjo S., 1995, Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: analysis of modern mangrove rice varieties in Guinea Bissau. *Quarterly journal of international Agriculture*, vol. 34, 4, 358-371.
- Ajaga N., 1989, Causes d'abandon de la pisciculture après son adoption et ses conséquences dans les Départements de la Menoua, (Province de l'Ouest) Mezam et Momo (Province du Nord-Ouest) au Cameroun.
- Ajaga N., 1986, Social, cultural and economic determinants of the adoption of fish pond culture in Menoua, Mezam and Momo divisions of Cameroon. *Doc Research report n° DUC/RSE/86/1* August 1986.
- Ajayi O.C., Franzel S., Kuntashula E. & Kwesiga F., 2003, Adoption of improved fallow technology for soil fertility management in Zambia: empirical studies and emerging issues. *Agroforestry Systems*, 59, 317-326.
- Amy P, Bogges W.G., Moss C.B. & Holt J., 1995, Technology adoption Decisions under irreversibility and uncertainty: an *ex ante* approach. *American Journal of Agricultural Economics*; vol. 77, 3, 541-51.
- Alavalapati J.R., Luckert M.K. & Gill D.S., 1995, Adoption of agroforestry practices: a case study from Andhra Pradesh, India. *Agroforestry Systems*, Kluwer Academic Publishers.
- Ashby J.A., Quiros C.A. & Yolanda M.R., 1989 Farmer participation in technology development: work with crop varieties. *In: Chambers R., Pacey A. and Thrupp L.A., (eds). Farmer First. Farmer Innovation and Agricultural Research. Intermediate Technology Publications. Pp: 115-122.*
- Ashby J.A. & Sperling L., 1992, Institutionalizing participatory, client-driven research and development in agriculture. Paper presented at the Meeting of the CGIAR Social Scientists. The Hague. September 15-22.
- Cramer J.S., 1991, The Logit model: an introduction for economists. University of Amsterdam.
- Elamin E.M. & Rogers L.R.F., 1992, Estimation and use of risk aversion coefficient for traditional dry land agriculture in Western Sudan. *In: Agricultural Economics, Elsevier science publishers B.V., Amsterdam. vol. 7, n°2.*
- Falusi A.O., 1974/5, Application of multi-variate probit to fertilizer use decision: sample survey of farmers in three states in Nigeria. *J. Rural Econo. Développement*, 9, 1, 49-66.
- Feder G., Just R.E. & Ziberlman D., 1985, Adoption of agricultural innovations in development countries: a survey. *In: Economic development and cultural change*, vol. 33, n°2, The University of Chicago Press.
- Gemeda A., Aboma G., Verkuijl H. & Mwangi W., 2001 Farmers' maize seed system in Western Oromia, Ethiopia. *International maize and Wheat Improvement Center (CUIMMYT), Mexico and Ethiopia Agricultural Research Organization (EARO). 32 pp.*
- Gould B.W., Saupe W.E. & Klemme R.M., 1989, Conservation tillage: the role of farm and operator characteristics and the perception of erosion. *Land Economics*, 2, 167-182.
- Lazard J., 1986, La pisciculture: une composante des systèmes de production agricole. *In: Les cahiers de recherche - Développement*, n° 9-10.
- Lazard J. & Legendre. M., 1994, La pisciculture africaine : enjeu et problèmes de recherche. *Cahiers Agricultures*, 3, 83-92.
- Kivlin J.E. & Fliegel F.C., 1967, Differential perceptions of innovations and rate of adoption. *Rural Sociology*, 1, 78-91.
- Koffi C., 1989, Aspects économiques de la production piscicole en étang. L'expérience de la pisciculture rurale au Centre- Ouest et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Doctorat de 3^{ème} cycle en économie rurale.*
- Modadugu V., Gupta M. & Abdur R., 1994, Adoption and economics of silver barb (*Puntius gonionotus*) culture in seasonal Waters in Bangladesh. *ICLARM Technical reports 41. Manila, Philippines.*
- Morris M.L., Trip R. & Dankyi A.A., 1999, Adoption and impact of improved maize production technologies. A case study of the Ghana grains development project. *Economics Program Paper 99-01. International maize and Wheat Improvement Center (CUIMMYT), Mexico. 38 pp.*
- Nkamleu G.B. & Adesina A.A., 2000, Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: bivariate probit analysis in Cameroon. *Agricultural Systems*, 63, 111-121.
- Norris P.E. & Batie S.S., 1987, Virginia farmers' soil conservation decisions: an application of Tobit analysis. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 1, 79-89.
- Satia B., 1988, Large scale reconnaissance survey of socio-economic conditions of fish- farmers and aquaculture practice in the West and North-West provinces of Cameroon. *In: Atelier sur la recherche aquacole en Afrique (14-17/11/1988). Bouaké, RCI: IDESSA- PNUD/ FAO.*

D. Njankoua Wandji, Cameroonian, PhD in Rural Economics, Formerly Research Associate, at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA-HFC), currently working as an Economist with the United Nations Environment Programme (UNEP).

V. Pouomogne, Cameroonian, PhD in Fisheries, Head of aquaculture station, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD).

J. Nyemeck Binan, Cameroonian, PhD in Rural Economics, Formerly Research Associate at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA-HFC), and currently Policy scientist at the World Agro forestry Centre, Bamako, Mali.

R. Yossa Nouaga, Cameroonian, Water, Forestry and Wildlife Engineer Researcher at the World Fish Center WFC, Cameroon C/o IITA HFC.

Farmer's Knowledge of Horticultural Traits and Participatory Selection of African Eggplant Varieties (*Solanum aethiopicum*) in Tanzania

O.T. Adeniji¹ & Agatha Aloyce²

Keywords: Focus group discussion- Organoleptic properties- Fruit yield- Northern Tanzania- *Solanum* species- Tanzania

Summary

Participatory selection was conducted in 2008 through 2009 to identify farmers' preference for species and horticultural traits that may constitute future breeding objectives. Vegetable farmers were selected from Moshi and Arusha regions, test population comprised twenty-six accessions from four *Solanum* species (eggplant and relatives). Purposive sampling was used to select the farming communities with high African eggplant production activities; a multistage random sampling procedure was adopted to select farmers from three regions for participatory meeting. The focus group discussion sessions identified fruit shape, taste, earliness, medicinal properties, marketability and resistance to diseases as farmers' preferred traits in *S. aethiopicum*; taste and marketability for *S. melongena*, taste and medicinal properties among *S. macrocarpon* and *S. anguivi*. Fruits characterized by cream colour at commercial harvest are most preferred compared to green, to a lesser extent is purple. Interestingly high fruits per plant, fruits per cluster and fruit cluster per plant best described *S. anguivi*. Fruit yield was superior in *Db*₃ (*S. aethiopicum* Gilo group), top five accessions for organoleptic properties are *Db*₃, *Ab*₂, MM 1619, S00052 and MM 1086. Characters indicated above may constitute breeding objectives and population identified may serve as pollen parents for development of new varieties in African eggplant. Intraspecific hybridization within *S. aethiopicum* Gilo cultigroup, hybridization among Gilo and Shum cultigroups and interspecific hybridization between *S. aethiopicum* and *S. anguivi* may evolve new population aimed at improving fruit yield.

Résumé

La connaissance des fermiers en horticulture et la sélection participative des variétés d'aubergine africaines (*Solanum aethiopicum*) en Tanzanie

La sélection participative a été conduite en 2008 et 2009 pour identifier les espèces préférées par les agriculteurs ainsi que les traits horticoles pouvant constituer les objectifs de l'amélioration de la plante dans l'avenir. La sélection des horticulteurs a été faite dans les régions de Moshi et d'Arusha. La population testée était composée de vingt-six collections venant de quatre espèces de Solanacées (l'aubergine et apparentées). L'échantillonnage a été utilisé pour sélectionner la communauté des fermiers produisant beaucoup plus d'aubergines; la procédure d'échantillonnage aléatoire et répétitive a été utilisée pour choisir les fermiers de ces trois régions. Les séances de discussion en groupe ont permis d'identifier l'apparence extérieur, le goût, la précocité, les propriétés médicinales, la commercialisation et la résistance aux maladies suivant la préférence des fermiers trouvée dans l'espèce *S. aethiopicum*; le goût et la commercialisation pour *S. melongena*; le goût et les propriétés médicinales qu'on trouve dans *S. macrocarpon* et *S. anguivi*. Au moment de la récolte et pour des fins commerciales, les fruits de couleur jaunâtre sont préférés à ceux de couleur verte et pourpre. *S. anguivi* est caractérisée par le nombre élevé de fruits par rameaux et par conséquent par plante. Le rendement était meilleur pour *Db*₃ (*S. aethiopicum* Gilo group), sur base des propriétés organoleptiques seulement cinq variétés à savoir *Db*₃, *Ab*₂, MM 1619, S00052 et MM 1086 sont classées meilleures. Les caractères cités ci-haut peuvent constituer la base des objectifs de l'amélioration des plantes et les populations identifiées peuvent être des parents donneurs pour la création de nouvelles variétés des aubergines. L'hybridation interspécifique au sein de l'espèce *S. aethiopicum* du groupe Gilo, l'hybridation entre les groupes Gilo et Shum, et l'hybridation interspécifique entre les espèces *S. aethiopicum* et *S. anguivi* peuvent générer de nouvelles populations qui amélioreraient le rendement.

¹Department of Crop science, Adamawa State University, Nigeria.

²Horticultural Research and Training Institute, Tengeru, Tanzania.

*Author for correspondence: waleged@yahoo.co.uk

Received on 05.08.11 and accepted for publication on 24.07.12.

Introduction

The common name eggplant includes three closely related cultivated species that belong to subgenus *Leptostemonum*: *S. melongena* L., brinjal eggplant or aubergine, *S. aethiopicum* L., scarlet eggplant; and *Solanum macrocarpon* L., gboma eggplant (4). *Solanum anguivi* (referred hereafter as African eggplant) and *Solanum dasyphyllum* are similar on the basis of morphological traits (9, 10) they constitute important fruit and leaf vegetables in West Africa and East Africa after tomatoes, onions, pepper and okra (15). In Tanzania the fruity forms (*S. aethiopicum* Gilo group) are important component of vegetable diet, sold in grocery stores and retail outlets in Arusha, Moshi, Mbeya and Dar es Salam. The fruit consists of 80% water, 8% carbohydrates; 1.4% protein and 1.5% fibre, and are increasingly important in ensuring food security and nutrition balance. Cholera, diabetes, asthma, bronchitis, dysuria, tooth ache and decrease in cholesterol are examples of health disorders on which eggplant has positive effects. Cultivation takes place throughout the year wherever water is not limiting. Both men and women are involved in production, consumption and marketing. In 2008 about 147,000 ha of eggplants were harvested in African countries (5), the cultivation of *S. aethiopicum* is on the increase in Tanzania, though information on yield is yet available. In northern Tanzania, a maximum of three production cycles are possible per year, usually under monoculture. One negative aspect, which needs to be addressed, is the presence of a number of spiroalinal alkaloids, which has a bitter tasting.

Farmers' Participatory Selection (PVS) helps breeders identify farmer-valued traits that breeding programmes should focus on, it accelerates adoption and consistently enables breeding programs to "break through" adoption bottlenecks caused by low levels of acceptability of new varieties by poor farmers. On-station farmer participatory evaluation is increasingly important in many research stations; it strengthens cooperation between researchers (especially breeders) and farmers in evaluating plant germplasm, taking into account farmer's needs, preferences and circumstances. Production is challenged by non availability of improved varieties (fruit number/yield, size, shape and taste), resistance to soil borne diseases (*Fusarium* and *Verticillium* wilts) and Red spider mites. Farmers' knowledge in cultivation, management of diseases and insect pests, post harvest handling and marketing are important in designing breeding objectives and development of new varieties. Breeding and seed production activities in *Solanum* species (eggplant) in sub Sahara Africa is limited compared to tomatoes, peppers and onions, despite its acceptability and availability in most markets in the continent. Farmers' choice of a new variety depends on a combination of horticultural traits

(fruit number, fruit size, fruit shape, fruit production period and resistance to insect pests and diseases, good taste and storability and long fruit production period). African eggplant has no known incompatibility with the norms and beliefs of communities in Tanzania, both men and women are involved in production, consumption and marketing of fruits and seeds. The importance of this crop and challenges posed by biotic and abiotic stresses makes it imperative to conduct participatory selection with stakeholders, to identify farmer and market traits, constraints in production, marketing and utilization that could be modified as research objectives and select productive and diverse eggplants accessions acceptable to stakeholders in Arusha and Moshi regions. We present progress in using farmers' knowledge to identifying farmers' preferred horticultural traits that could constitute future breeding objectives and identify promising accessions among four *Solanum* species (eggplant and African eggplant) for genetic enhancement and commercialization.

Materials, location and experimental design

Test population comprised 26 accessions from four *Solanum* species (*S. aethiopicum*, *S. anguivi*, *S. melongena*, *S. macrocarpon*) collected from different locations in Africa, Europe and Asia. Field trials were conducted during the 2008 and 2009 at the research field of Agricultural Seed Agency (ASA)/Horticultural Research and Training Institute (Horti-Tengeru) Arusha, Tanzania (lat 4.8°S long 3.7°E; alt. 1290 m). Field experiments were conducted in August 2008 and repeated in August, 2009. A randomized complete block design with two replications was used; each plot consisted of two ridges 7 m long and 0.30 m high, with 0.60 m between ridges. Seedlings were raised in multipot seedling trays for four weeks, thereafter transplanted to the sides of the ridges with 0.50 m space between plants. The experiment was furrow-irrigated every two days for the first two weeks after transplanting, then once a week thereafter, weeding was carried out manually. Fertilizer NPK (20-10-10) was applied at the rate of 200 kg/ha during transplanting. Urea was applied at the rate of 90 kg/ha in a split application 30 days after transplanting and 30 days thereafter. Insecticidal and fungicide spray of Selecron EC and Ridomil were done as when the need arises.

Purposive sampling was adopted to select three regions namely; Arusha, Meru and Moshi due to high agricultural activities related to production, consumption and marketing of eggplant. A multistage random sampling procedure was used; the first stage involves selecting the districts, then the villages, the participants who are the African eggplant farmers registered with the Extension Service Department

district were randomly selected. We recognized that information retrieved from individual interviews with farmers may contain variability resulting from differences in individual intelligence, thinking patterns, understanding, and structural conditions such as sex, age, division of labour and social interaction (6). Therefore the need to ensure that farmer's responses to certain questions reflected shared experiences and knowledge at each locality (13). In order to crosscheck information collected from the farmers and ensure that responses reflect farmers knowledge and experience (3, 16), seven development agents were selected as key informants (six extension personnel from the Ministry of Agriculture and Food Security, a research officer and field technician from Horti-Tengeru, Tanzania), respondents were interviewed using open-ended semi-structured questionnaire. These development agents worked very closely with farmers and are familiar with production and marketing of eggplant in the study area. Participatory selection was conducted during 2008 and 2009 evaluation to select accessions, horticultural traits preferred by respondents. Over trial periods, 270 farmers randomly selected from study areas were involved in selection exercises. During the focus group discussion sessions, farmers provided a list of preferred horticultural traits and responses were ranked. They select best accession for specific trait by dropping between one and four seeds (1=extremely poor, 2= poor, 3= good and 4= excellent) in containers placed in front of each accessions. Responses were adapted to a four point Likert Rating Scale (LRS), as very high (VH)= 4, High (H)= 3, Low (L)= 2, Very low (VL)= 1. The mean score was computed as $4+3+2+1=10/4=2.50$. Using the interval score of 0.05, the upper limit cut-off was determined as 2.50 ± 0.05 and the lower limit as $2.55 \pm 0.05=2.45$. On the basis of this, mean score (MS) below 2.45 (i.e. < 2.45) were ranked 'low', those between 2.45 and 2.54 were considered 'medium' (i.e. $2.45 \geq MS \leq 2.54$), while the mean score greater than or equal to 2.55 (i.e. $MS \geq 2.55$) were considered 'high'. Demographic and farmers preferences for each entry were subjected to descriptive statistics (frequency and percentages).

Results and discussion

Demographic characteristics of the respondents indicated that production of African eggplant in the study area skewed to the male sex, majority of the respondents interviewed are married and actively young, within the age category of 20 and 40 years. Preponderance of men in production of the four *Solanum* species deviated from views of Shippers (15) among *Solanum* (eggplant) and Sabo and Dia (14) among vegetable farmers in Mubi, Nigeria. In general respondents interviewed are vegetable farmers, who cultivated African eggplants alongside other vegetables. In most cases they have fair working knowledge of this crop, and cultivated less than one

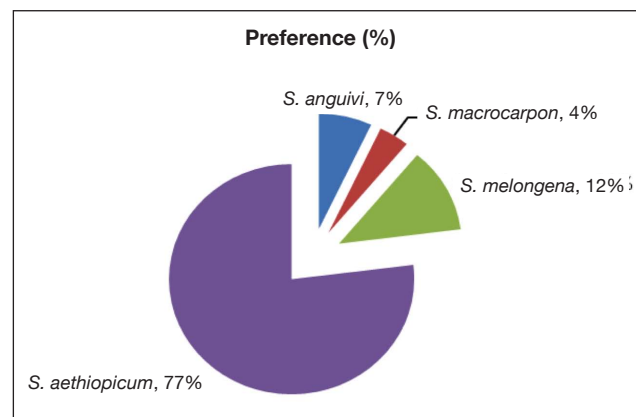


Figure 1: Distribution of respondents by preference and economic importance of each *Solanum* species (eggplants) among vegetable farmers in Arusha, Moshi and Meru regions, northern Tanzania.

hectare with household size between one and three. The outcome of the participatory selection reflects the consensus of opinion among farmers during on-station evaluation, farmers select preferred accessions and traits, based on intuition, experience in production and marketing. The outcome of the participatory exercises showed 77% of the respondents' preferred *S. aethiopicum*, compared to 12%, 4%, and 7% who showed preference for *S. melongena*, *S. macrocarpon* and *S. anguivi* respectively (Figure 1).

This lends weight to previous report of Sabo and Dia (14), and Shippers (15), they reported high production and consumption of *S. aethiopicum* (Gilo) in sub Sahara Africa compared to *S. macrocarpon* and *S. anguivi*, and are popular among farmers in West Africa. However production and consumption of *S. melongena* is on the rise in East Africa, although production and consumption is high in South Africa. Further respondents indicated that fruit shape, taste, earliness, medicinal properties, marketability and resistance to diseases are farmers preferred and demand driven traits in *S. aethiopicum*; taste and marketability to *S. melongena*, taste to *S. macrocarpon* and medicinal properties among *S. anguivi* (Table 1). The focus group discussion sessions identified top seven agronomic and fruit quality traits expected of a good eggplant variety (Table 1), these traits should be component of any breeding program. Interestingly preference was high for resistance to diseases and insect pests, this was consistent for each year of evaluation and pooled. Respondents were affirmative that Fusarium and Verticillium wilts are common diseases and Red spider mite a popular insect pest in these regions. Fruit colour showed high preference and importance compared to fruit yield, this is consistent with its rank for each year and pooled, though higher than recorded for fruit yield. This trend may be associated with the fact that the fruit colour is important for assessment of quality; it is the first trait that attracts the eyes of potential farmers and consumer.

Table 1
Preference for fruit quality traits by species and farmers preferred horticultural traits by rank among farmers during 2009 and 2010 in Arusha and Meru regions, Tanzania (n= 270)

Species	Preference frequency	Percentages (%)	Preference indicators
<i>S. aethiopicum</i>	208	77	Fruit shape, taste, earliness, medicinal properties, marketability and resistance to diseases
<i>S. melongena</i>	32	12	Taste and marketability
<i>S. macrocarpon</i>	10	4	Taste
<i>S. anguivi</i>	20	7	Medicinal
<i>S. integrifolium</i>	0	0	Nil
<i>S. viarum</i>	0	0	Nil

Farmers preferred horticultural characteristics	Rank (2009)		Rank (2010)	Pooled
Resistance to diseases and pests'	1	Resistance to diseases and pests	1	1
Fruit colour (cream)	2	Fruit colour	2	2
Fruit yield	3	Fruit yield	3	3
Fruit size	6	Fruit size	4	5
Marketability	4	Marketability	7	6
Long fruit production period	7	Long fruit production period	6	7
Taste	4	Taste	5	4

Source: Field data 2008 and 2009.

Fruit color differences in fruits are basically due to two color pigments' and their effects on appearance are controlled by more than one gene (11, 12). This investigation showed that over years respondents are in agreement that better tasty fruits (taste) and fruit shapes are important traits of a good variety, though not consistent in rank for each year. The study showed that respondents diverge over taste [less bitter (tasty), bitter, extremely bitter], high preference for less bitter (tasty) fruits is similar to findings reported by Polignano *et al.* (12).

The participatory selection indicated that fruit characterized by cream colour at commercial harvest was highly preferred, followed by green and to a lesser extent are pigmented fruits (purple). Confirming earlier result of high preference for *S. aethiopicum* indicated in figure 1. Using fruit colour as a selection criteria, farmers' participatory selection picked four accessions namely; Db₃, MM 803, MM1619 (*S. aethiopicum*) and MM 10181 (*S. macrocarpon*). They outperformed other accessions and are largely preferred. On the contrary fruits of MM 1619 marked poorly preference percentage for fruit size compared to Db₃ (Table 2). Several authors have indicated the relevance of fruit color, size, shape and taste as most noticeable traits that show differences among in Solanum (eggplants) (2, 4, 6, 7, 11).

Top four entries for fruit number are RCA and Taumbot (*S. anguivi*), MM1619 (*S. aethiopicum*) and MM 12126 (*S. dasyphyllum*), they marked high frequency compared to other entries. Interestingly high fruits per plant, fruits per cluster and fruit clusters per plants best described *S. anguivi* (RCA and Taumbot),

though fruits are small and bitter taste (12). From plant breeders point of view accessions of *S. anguivi* could serve as donor parent, whenever genetic improvement is sought to increase fruit number, but not for simultaneous improvement for fruit yield (fruit size), as Db₃ and MM 1619 outperformed other entries for this trait. High fruit number among *S. anguivi* is consistent with reports of Lawande and Polignano *et al.* (8, 12). Fruit yield was best in Db₃ (*S. aethiopicum* Gilo group), followed by CR001 (*S. macrocarpon*), MM 1619, MM 1107 and MM 10251 (*S. aethiopicum* Kumba group). Considering fruit size and shape preference percentage was high for fruits that are twice as long as broad (Db₃ and MM 1619). Conversely fruits which are several times as long as broad (*S. melongena*) was least preferred. Three accessions, one from *S. aethiopicum* (MM 1619) and *S. anguivi* are best for long fruit production, they constitute medium flowering group. These accessions could serve as a donor parent in any breeding program aimed at improvement in yield. Fruit production period is an important horticultural trait in production and marketing of fresh fruit vegetables, it avail farmers advantage of multiple harvests and sales and circumvent within season glut. The inclusion of accessions of *S. anguivi* (RCA), *S. aethiopicum* Gilo group (MM 1619 and Db₃), *S. aethiopicum* Shum (MM 1119) in diallel cross may evolve best combiners for multiple traits (fruit number, fruit colour, fruit production period and fruit yield) and development of hybrids and open pollinated varieties. Respondents indicated that Db₃, MM 1619, MM 457 and MM 803 will attract considerable market demand due to high performance for multiple traits. Fruit seediness, fruit layer thickness, taste and fruit

Table 2
Percentage distribution of farmers' preference and rank for preferred traits among four Solanum (eggplant) species during 2009 and 2010 (n= 270)

Accession	Fruit colour			Fruit yield			Fruit number			Fruit size			Marketability			Medium flowering		
	Freq	(%)	Rank	Freq	(%)	Rank	Freq	(%)	Rank	Freq	(%)	Rank	Freq	(%)	Rank	Freq	(%)	Rank
MM 1619	47	17	3	24	9	3	30	11	3	25	9	3	30	11	3	57	21	1
MM 803	34	13	2	5	2		6	2		0			15	5		-		
MM 10181	35	14	4	28	10	3	6	2		10	4		18	7		5	2	
DB ₃	70	26	1	32	12		25	10	5	72	27	1	60	22	1	-		
MM 268	20	7	5	41	15	2	6	2		5	2		15	5		-		
MM 10086	23	9	6	27	10	5	11	4		3	1		15	5		-		
MM 2008	2	0.7	7	0			0			5	2		15	5		-		
Acc 65	25	9		3	1		11	4		5	2		22	8		24	9	
Acc 70	6	2	8	0			0			5	2		0			-		
MM 12126	-			40	15	3	26	10	4	13	5		0			27	10	5
MM 232110	-			47	17	1	0			0			37	14	2	9	3	
GR001	1	0.3		21	8		0			28	10	2	28	18		5	2	
Acc 76	0			0			0			24	8.3	4	-			30	11	2
MM 714	0			0			5	2		21	7	5	-			4	1	
MM 368	2	0.7		0			0			15	6		-			22	8	
MM 1381	1	0.3		0			2	0.7		10	4		-			14	5	
MM 1473	1	0.3		2	0.7		1	0.3		14	5		-			-		
MM 1107	2	0.7		0			9	3.3		0			-			-		
MM 268	0			0			9	3.3		-			-			-		
MM 10251	0			0			2	0.7		-			-			-		
MM 2321	0			0			25	9	5	10	4		15			29	11	4
MM 0119	0			0			0			-			-			-		
S00023	0			0			25	9	5	2	0.7		-			15	6	
MM 347	0			0			2	0.6		5	1		-			29	11	2
RCA	0			0			34	13	2	-			-			-		
Taumbot	0			0			35	13	1	-			-			-		

Source: Field data 2008 and 2009.

Table 3
Likert scale tests for fruit seediness, fruit layer thickness quality and organoleptic properties among selected accessions four *Solanum* species (*S. aethiopicum*, *S. melongena*, *S. macrocarpon* and *S. anguivi*) n= 270

Accessions	Species	Extremely liked (4)	Moderately liked (3)	Moderately disliked (2)	Extremely disliked (1)	Mean score	Rank
Fruit seediness							
MM 1619	<i>S. aethiopicum</i>	214 (3.17)	56 (0.62)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.79	2
Db ₃	<i>S. aethiopicum</i>	224 (3.32)	46 (0.51)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.83	1
AB ₂	<i>S. aethiopicum</i>	200 (2.96)	70 (0.78)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.74	3
MM10181	<i>S. macrocarpon</i>	137 (2.03)	111 (1.23)	22 (0.16)	0 (0.00)	3.42	4
Acc 65	<i>S. aethiopicum</i>	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0	
MM 10086	<i>S. aethiopicum</i>	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0	
CR001	<i>S. macrocarpon</i>	34 (0.50)	209 (2.32)	27 (0.25)	0 (0.00)	3.07	5
S00052	<i>S. macrocarpon</i>	7 (0.05)	220 (2.44)	40 (0.30)	3 (0.01)	2.80	
Var 20	<i>S. melongena</i>	0 (0.00)	2 (0.02)	148 (1.10)	120 (0.44)	1.56	
Var 22	<i>S. melongena</i>	0 (0.00)	21 (0.23)	162 (1.20)	87 (0.32)	1.75	
Taumbot	<i>S. anguivi</i>	5 (0.02)	127 (1.41)	132 (0.98)	6 (0.02)	2.43	
RCA 1	<i>S. anguivi</i>	20 (0.15)	108 (1.20)	142 (1.05)	0 (0.0)	2.40	
Fruit layer thickness							
MM 1619	<i>S. aethiopicum</i>	200 (2.96)	70 (0.77)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.73	3
Db ₃	<i>S. aethiopicum</i>	240 (3.56)	30 (0.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.89	1
Ab ₂	<i>S. aethiopicum</i>	220 (3.26)	40 (0.44)	10 (0.07)	0 (0.00)	3.77	2
MM10181	<i>S. macrocarpon</i>	120 (1.78)	140 (1.56)	10 (0.16)	0 (0.00)	3.34	
Acc 65	<i>S. aethiopicum</i>	86 (1.27)	184 (2.04)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.31	
MM 10086	<i>S. aethiopicum</i>	94 (1.39)	176 (1.96)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.35	
CR001	<i>S. macrocarpon</i>	0	0	137 (1.01)	133 (0.49)	1.50	
S00052	<i>S. macrocarpon</i>	0	0	120 (0.89)	150 (0.56)	1.45	
Var 20	<i>S. melongena</i>	0	0	136 (1.01)	134 (0.50)	1.92	
Var 22	<i>S. melongena</i>	0	0	121 (0.90)	149 (0.55)	1.45	
Taumbot	<i>S. anguivi</i>	127 (1.88)	143 (1.59)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.47	5
RCA 1	<i>S. anguivi</i>	132 (1.96)	138 (1.53)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.49	4
Organoleptic taste							
MM 1619	<i>S. aethiopicum</i>	72 (1.06)	198 (2.20)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.26	3
Db3 (check)	<i>S. aethiopicum</i>	150(2.22)	120 (1.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.55	1
AB2	<i>S. aethiopicum</i>	98 (1.45)	172 (1.91)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.36	2
MM10181	<i>S. macrocarpon</i>	62 (0.91)	82 (0.91)	47 (0.35)	79 (0.29)	2.46	
Acc 65	<i>S. aethiopicum</i>	58 (0.86)	112 (1.24)	50 (0.37)	50 (0.19)	2.66	
MM 10086	<i>S. aethiopicum</i>	55 (0.81)	152 (1.69)	33 (0.24)	30 (0.11)	2.85	5
CR001	<i>S. macrocarpon</i>	4 (0.07)	199 (2.21)	37 (0.27)	30 (0.11)	2.66	
S0052	<i>S. melongena</i>	20 (0.30)	200 (2.22)	40 (0.44)	10 (0.04)	3.00	4
Var 20	<i>S. melongena</i>	0	0	20 (0.15)	250 (0.93)	1.08	
Var 22	<i>S. anguivi</i>	40 (0.59)	121 (1.34)	54 (0.40)	56 (0.21)	2.54	
Taumbot	<i>S. anguivi</i>	0 (0.00)	20 (0.22)	30 (0.22)	220 (0.81)	1.25	
RCA 1	<i>S. anguivi</i>	0	24 (0.27)	37 (0.27)	209 (0.77)	1.31	

Source: Field data 2008 and 2009.

shape and size were subjected to Likert scale test, considering fruit seediness, findings indicated that four accessions (CR001, Db₃, MM 1619, Ab₂ and MM 10181) marked high mean score in excess of 3.0; this is consistent with high preference by respondents associated with low fruit seediness (Table 3). Conversely Taumbot and RCA (*S. anguivi*), Var 20 and Var 22 (*S. melongena*) marked low mean score and are least preferred. In another study (12) had reported high seed yield among *S. anguivi*, close to this was *S. aethiopicum* and *S. macrocarpon*. Fruit

seediness is important for seed commercialization, on the other hand it is undesirable, as it makes eating (fruit) unpleasant compared to moderate and seedless fruits. For fruit layer thickness, Db₃, MM 1619 and Ab₂, RCA 1 and Taumbot represent top five accessions; they recorded mean score above average, and implied high preference for thin fruit layer. Accessions of *S. macrocarpon* and *S. melongena* recorded low mean score and are characterized by thick fruit layer. Organoleptic properties combine taste and odour sensation, and is easily defined as sweetness or

bitterness. In this investigation consumer panels were involved to determine eating sensation of the fruits. Thirteen accessions were evaluated for organoleptic properties; top five accessions are Db₃, Ab₂, MM 1619, S00052 and MM 1086, they marked mean value in excess of 3.00; they are preferred over and above other entries. Two accessions [one to *S. melongena* (Var 20) and another to *S. anguivi* (RCA)] marked least mean score, and are least preferred due to bitter taste. High preference for Db₃, Ab₂, MM1619 (*S. aethiopicum* Gilo) and S00052 (*S. macrocarpon*) implied acceptability among the respondents. An important aspect which need to be addressed is the presence of a number of spirosaline alkaloids including Solanine and Solanidine which have bitter tasting, the proportion of spirosaline alkaloids vary within specie and between species, however bitterness should not be systematically eliminated from the breeding materials because the consumer preference differed for this trait.

Conclusion

This investigation indicated that *S. aethiopicum* Gilo group is largely preferred over and other species in Arusha and Meru regions, Tanzania. The participatory

selection indicated that preference for resistant varieties to diseases and insect pests attack, fruit colour, fruit yield, fruit size, long fruit production period and marketability are possible traits that should constitute breeding objectives to rapidly develop new varieties. Intraspecific hybridization within *S. aethiopicum* (DB₃ and MM 1619) and interspecific hybridization between *S. aethiopicum* and *S. anguivi* (RCA and Taumbot) may develop new population with improved performance for fruit yield, long fruit production period and taste. Fusarium and Verticillium wilts and Red spider mites constitute limitations to production in the study area. Screening of germplasm collection for reaction to Fusarium and Verticillium wilts may identify donor parents, and introgression of the resistant genes into commercial varieties. Best lines identified though participatory selection had been recommended for multilocation trials and possible release in Tanzania.

Acknowledgements

AVRDC (The World Vegetable Center), HORTI–Tengeru (Horticultural Research and Training Institute), Extension staff of Ministry of Agriculture and Food Security (Meru and Arusha regions).

Literature

- Caulkins D. & Hyatt S.B., 1999, Using consensus analysis to measure cultural diversity in organizations and social movements. *Field Methods* 11, 5-26.
- Collonnier C., Fock I., Kashyap V., Rotino G.L., Daunay M.C., Lian Y., Mariska I.K., Rajam M.V., Servaes A., Ducreux G. & Sihachakr D., 2001, Applications of Biotechnology in eggplant, plantCell, tissue and organ culture, Vol. 65, 91-107.
- Daunay M.C., Lester R.N. & Ano G., 2001, Cultivated eggplants. In: Tropical plant breeding. Charrirer, A, Jacquot, M, Hamon, S. and Nicholas, D. (eds.), Oxford University Press, Oxford: pp. 200-225.
- Daunay M.C., Lester R.N., Gebhardt C.H., Hennart J.W., Jahn M., Fray A. & Doganlar S., 2001, Genetic resources of eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species: a new challenge for molecular geneticists and eggplant breeders (Solanaceae V edited by Van Den Berg, R.G., Barendse, G.W. and Mariani, Nijmegen University Press, Nijmegen, The Netherlands), pp. 251-274.
- FAO, 2009, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT, Italy. [http://faostat.fao.org]. Accessed June 12, 2009.
- Fray A., Doganlar S. & Daunay M.C., 2007, Eggplant, genome mapping and molecular breeding in plants, Vol. 5, 231-257.
- Kashyap V., Kumar S.V., Collonnier C., Fusari F., Haicour R., Rotino G.L., Sihachakr D. & Rajam M.V., 2003, "Biotechnology of eggplant", *Scientia Horticulture*, Vol. 97, 1-25.
- Lawande K.E. & Chavan J.K., 1998, Eggplant (Brinjal) (Handbook of Vegetable Science and Technology edited by Salunkhe, D.K., Kadam, S.S.), pp. 225-243.
- Lester R.N. & Niakan L., 1986, Origin and domestication of the scarlet eggplant *Solanum aethiopicum* L. from *S. anguivi* Lam. In: D'Arcy WG (ed) Solanaceae: biology and systematics. Columbia University Press, New York, pp. 433-45.
- Lester R.N., 1998, Genetic resources of Capsicum and eggplants (Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum & Eggplant), pp. 25-30.
- Nothmann J., 1986, Eggplant (CRC Handbook of Fruit Set and Development edited by Monselise, S.P.), pp. 145-152.
- Polignano G.B., Bisignano V., Della Gatta C., Ugenti P., Alba V. & Perrino P., 2006, Variabilita di caratteri morfo-agronomici in specie diverse di melanzana. *Italus Hortus* 13, 2, 516-521.
- Romney A.K., 1994, When does consensus indicate cultural knowledge? *Cognitive Science News*, 7, 3-7.
- Sabo E. & Dia Y., 2009, Awareness and effectiveness of vegetable technology information packages by vegetable farmers in Adamawa State, Nigeria *African Journal of Agricultural Research* Vol. 4, 2, 65-70.
- Shippers R.R., 2000, African indigenous vegetables: an overview of cultivated species. Natural resource institute, Chatham, UK. Pp. 214.
- Weller S., 1987, Shared knowledge, intracultural variation, and knowledge aggregation. *American Behavioral Scientist*, 31, 178-193.

O.T. Adeniji, Nigerian, Master of Agriculture in Plant Breeding, Department of Crop Science, Adamawa State University, Nigeria.

Agathe Aloyce, Tanzanian, M.Sc. Crop Science and Production "Candidate" – expected to Graduate in November, 2012, Horticultural Research and Training Institute, Tengeru, Tanzania.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING

BIBLIOGRAFIA

Le fonio, une céréale africaine

Auteurs: Jean-François Cruz, Famoï Béavogui
avec la collaboration de Djibril Dramé

Edition: 2011

Collection: Agricultures tropicales de poche

Editeur: Quae/Cta/Presses agronomiques de Gembloux

175 p., 17 tabl., 60 fig., 40 photos dont 32 en couleurs.

ISBN 978-2-87016-114-2

Prix Belgique: 18 € (TVAC) / Export: 18 € (HTVA + frais de port)

Bon de commande sur le site: Commandes

- par le site internet www.pressesagro.be
- par mail pressesagro.gembloux@ulg.ac.be
- par téléphone 00.32.81.62.22.42
- chez les libraires.

Le fonio est une céréale dite «mineure», par rapport aux céréales «majeures» que sont le riz, le blé et le maïs. Il est pourtant l'aliment de base de nombreuses familles rurales d'Afrique de l'Ouest. Aujourd'hui redécouvert par les consommateurs urbains des grandes métropoles africaines, il a aussi fait son apparition sur le marché européen, essentiellement dans le cadre du commerce équitable et de produits exotiques.

Bien adaptée aux conditions locales, cette petite céréale peut jouer un rôle important dans la sécurité alimentaire des pays du Sud, comme dans la préservation des sols en assurant une couverture végétale sur des terres écologiquement fragiles.

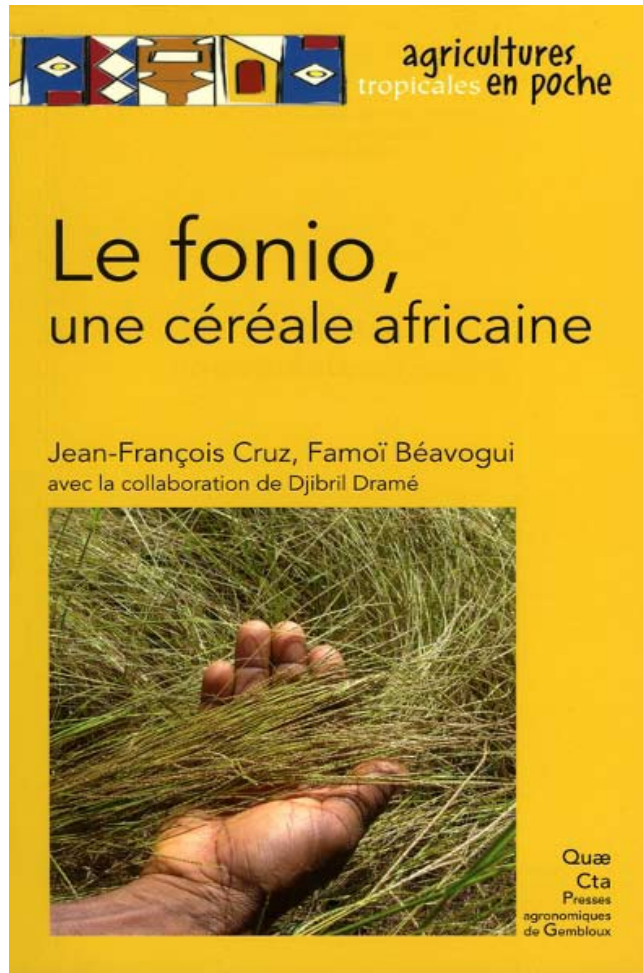
Premier ouvrage consacré au fonio, ce livre aborde tous les aspects de cette céréale, de la culture à la transformation, et fournit même quelques recettes culinaires. Destiné en priorité aux producteurs, techniciens et agents de développement, il intéressera également tous ceux qui souhaitent se documenter sur cette céréale - enseignants, étudiants, agronomes, technologues - mais aussi les consommateurs curieux d'en découvrir les qualités.

Les auteurs

Jean-François Cruz est ingénieur de recherche au Centre de coopération en recherche agronomique pour le développement (Cirad), à Montpellier. Spécialiste des technologies post-récolte des céréales, il a coordonné plusieurs projets internationaux sur le fonio. Il a déjà publié plusieurs ouvrages sur la conservation des grains en régions chaudes.

Famoï Béavogui, directeur général de l'Institut de recherche agronomique de Guinée (Irag), à Conakry, est ingénieur agronome, docteur en études rurales, spécialiste des systèmes de production agricoles et des dynamiques agraires.

Djibril Dramé est technologue alimentaire. Après avoir été chercheur au laboratoire de technologie alimentaire de l'Institut d'économie rurale (IER) à Bamako, il est aujourd'hui expert à la Division des infrastructures rurales et des agro-industries de la FAO, à Rome.



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 wetenschappelijke en informatief tijdschrift "TROPICULTURA" dat gewijd is aan de plattelandproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.D.) van het Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking en met de steun van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ze geniet van de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) en wordt ondersteund door de "Commission Universitaire pour le Développement" van de "Conseil Interuniversitaire de la Communauté française (CUD-CIUF)" en van het Universitaire Samenwerkingsorgaan van de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR-UOS).

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

Raad van Beheer

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

Redactiecomité

Het Redactiecomité van Tropicultura is samengesteld uit Professor Dr Ir G. Mergeai, Hoofdredacteur en Gedelegeerde Redacteurs: Professor Dr Ch. De Cannière, Bosbouw, Ecologie en het landschap, en de systemen van plantaardige productie, Professor Dr J.-P. Dehoux, Dierenproductie en Fauna, Dr De Lame, Sociologie, Ere-Professor Dr Ir F. Malaisse, Bosbouw en Ecologie, Emeritus Professor Dr J.-C. Micha, Visvangst en Visteelt, Emeritus 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, Diergezondheid, 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.tropicultura.org>

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 spaties (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 gebeurelijk de dankbetuiging. De naam van de contactauteur zal met een "*" gemerkt zijn en zijn adres aangevuld met zijn telefoon- en faxnummers en zijn elektronisch adres.

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

2012 Vol. 30 N° 3

Four issues a year (July, August, September)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Starter N and P Fertilizers Have Dissimilar Effects on Native Mycorrhizal and *Bradyrhizobial* Symbiosis of Four Promiscuous Soybean Varieties in Acid Soils of Cameroon (*in English*)
N.A. Onguene, C.S.O. Onana & L.G.O. Onana 125
- Floral and Seed Variability Patterns among Ethiopian Mustard (*B. carinata* A. Braun) of East Africa (*in English*)
O.T. Adeniji & Agatha A. Aloyce 133
- Prevalence of Trypanosome Infections in Cattle and Sheep in the Benin's West Atacora Agro-Ecological Zone (*in English*)
S. Farougou, S. Doko Allou, I. Sankamaho & V. Codjia 141
- Technical and Economic Performance of Maize/Cowpea and Maize/Mucuna Associations in the Real Situation of Cultivation in Burkina Faso: Potentials and Constraints (*in French*)
K. Coulibaly, E. Vall, P. Autfray & P.M. Sedogo 147
- Promoting the Adoption of Innovations through Participatory Approaches: Example from Northern Nigeria (*in English*)
T. Abdoulaye, P.S. Amaza, A.S. Olanrewaju & J. Ellis-Jones 155
- Animal Performance of Rabbits Receiving Granulated Feed Based on *Pueraria phaseoloides* (*in French*)
A. Akoutey & M. Kpodekon 161
- Main Cattle Helminthosis: Epidemiological Investigation at Two Slaughters in the Area of El Tarf Algeria (*in French*)
M. Boucheikhchoukh, Souad Righi, Scherazad Sedraoui, A. Mekroud & A. Benakhla 167
- The Fishing of Mugilidae in Grand-Iahou Lagoon (Ivory Coast): Analysis of Fishing Organisation, Captures and Fishing Effort (*in French*)
M. Diaby, K. N'Da & K.S. Konan 173
- Farmer's Perception and Adoption of New Aquaculture Technologies in the Western Highlands of Cameroon (*in English*)
D. Njankoua Wandji, V. Pouomogne, J. Nyemeck Binam & R. Yossa Nouaga 180
- Farmer's Knowledge of Horticultural Traits and Participatory Selection of African Eggplant Varieties (*Solanum aethiopicum*) in Tanzania (*in English*)
O.T. Adeniji & A. Aloyce 185
- BIBLIOGRAPHY 192

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

With the support of
THE BELGIAN
DEVELOPMENT COOPERATION 



Con el apoyo de
LA COOPERACIÓN BELGA
AL DESARROLLO 