

# TROPICULTURA

2012 Vol. 30 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)  
Driemaandelijks (oktober- november- december)  
Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)



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

Met de steun van

De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (DGD), [www.dg-d.be](http://www.dg-d.be), de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken,  
Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, [www.diplomatie.belgium.be](http://www.diplomatie.belgium.be),  
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be), de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française  
de Belgique (CIUF)", [www.ciuf.be](http://www.ciuf.be),  
de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR), [www.vlir.be](http://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

<p>Floral Biology and Hybridization Potential of Nine Accessions of Physic Nut <i>Jatropha curcas</i> L. originating from Three Continents            Biologie florale et potentiel d'hybridation entre neuf accessions de pourghère <i>Jatropha curcas</i> L. provenant de trois continents            Bloemen biologie en hybridisatie potentieel tussen negen herkomsten van <i>Jatropha curcas</i> L. uit drie continenten            Biología floral y potencial de hibridación entre nueve accesos de piñón <i>Jatropha curcas</i> L. procediendo de tres continentes</p>	193
<p>Utilization of <i>Arachis hypogea</i> (Groundnut) and <i>Lablab purpureus</i> (lablab) Forage Meal Fed Sole or Mixed by Growing Rabbits            Utilisation de l'arachide (<i>Arachis hypogea</i>) et du lablab (<i>Lablab purpureus</i>) comme aliments fourrageux simples ou composés pour lapins en croissance            Gebruik van aardnoot (<i>Arachis hypogea</i>) en lablab (<i>Lablab purpureus</i>) als voedermeel allen of samengesteldaan groeikonijnen toegediend            Uso de <i>Arachis hypogea</i> y de lablab (<i>Lablab purpureus</i>) como alimentos del campo simples o compuestos para conejos en crecimiento</p>	199
<p>Attempted Cultivation of <i>Jatropha curcas</i> L. in the Lower Senegal River Valley: Story of a Failure            Tentative de culture de <i>Jatropha curcas</i> L. dans la basse vallée du fleuve Sénégal: histoire d'un échec            Poging om <i>Jatropha curcas</i> L. te kweken in de laagvlakte van de Senegal stroom: relaas over een mislukking            Tentativa de cultura de <i>Jatropha curcas</i> L. en el bajo valle del río Senegal: historia de un fracaso</p>	204
<p>Interactions entre la variabilité des écotypes de l'oignon (<i>Allium cepa</i> L.) et les facteurs agro-climatiques            Interactie tussen de variabiliteit van ecotypes van de ui (<i>Allium cepa</i> L.) en de agro-klimatologische factoren in Niger            Interacciones entre la variabilidad de los ecotipos de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) y los factores agroclimáticos</p>	209
<p>Agromorphological and Phenological Variabilities of 10 Bambara Groundnut [<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verdc. (Fabaceae)] Landraces Cultivated in Ivory Coast            Variabilités agromorphologique et phénologique de 10 écotypes de voandzou [<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verdc. (Fabaceae)] cultivés en Côte d'Ivoire            Agro morfologische en fenologische variabiliteit van 10 ecotypen van voandzou [<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verdc. (Fabaceae)] gekweekt in Ivoorkust            Variabilidades agromorfológica y fenológica de 10 ecotipos de voandzou [<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verdc. (Fabaceae)] cultivados en la Costa de Marfil</p>	216
<p>Principal Disease and Insect Pests of <i>Jatropha curcas</i> L. in the Lower Valley of the Senegal River            Les principaux bio-agresseurs de <i>Jatropha curcas</i> L. dans la basse vallée du fleuve Sénégal            Belangrijkste bio-vijanden van <i>Jatropha curcas</i> L. in de laagvlakte van de Senegal stroom            Los principios agresores biológicos de <i>Jatropha curcas</i> L. en el bajo valle del río Senegal</p>	222
<p>Utilisation des espèces spontanées dans trois villages contigus du Sud du Burkina Faso            Gebruik van wilde plantensoorten in drie aangrenzende dorpen in het zuiden van Burkina Faso            Uso de especies espontáneas en tres pueblos contiguos del Sur de Burkina Faso</p>	230
<p>Évaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte d'Ivoire)            Statistische en ruimtelijke evaluatie van de vruchtbaarheid voor rijst van hydromorfische (Gleysols) bodems in het Belier gebied (Ivoorkust)            Evaluación estadística y espacial de la fertilidad de cultivo del arroz de los suelos hidromórficos (Gleysol) de la región de Belier (Costa del Marfil)</p>	236
<p>Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: 1. Analysis of Major Architectural and Agronomic Characteristics            Apports génétiques potentiels de variétés de cotonniers du Brésil à l'amélioration des variétés de cotonniers cultivés des pays du C4: 1. Analyse des caractéristiques architecturales et agronomiques majeures            Mogelijke genetische bijdragen van katoen variëteiten uit Brazilië tot de verbetering van de variëteiten van de C4 landen: 1. Analyse van de belangrijkste architecturale en agronomische eigenschappen            Aportaciones genéticas de variedades de algodones de Brasil a la mejora de las variedades cultivadas en el país del C4: 1. Análisis de las características arquitecturales y agronómicas mayores</p>	243
<p>A Double-Hurdle Model of Fertilizer Adoption and Optimum Use among Farmers in Southern Nigeria            Un modèle "Double hurdle" d'adoption d'engrais et son utilisation optimale chez les agriculteurs dans le sud du Nigeria            Een "Double hurdle" model van meststofadoptie en zijn optimaal gebruik bij de landbouwers in het zuiden van Nigeria            Un modelo "Double hurdle" de la adopción de abono y su uso óptimo en los agricultores en el sur de Nigeria</p>	249
LES ACTIONS DE LA DGD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD/LAS ACTIVIDADES DE LA DGD ..... 254	
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA ..... 256	

## Floral Biology and Hybridization Potential of Nine Accessions of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) Originating from Three Continents

L.E. Ahoton<sup>1\*</sup> & F. Quenum<sup>1</sup>

Keywords: Intraspecific Hybrids- *Jatropha curcas*- Improvement- Breeding System- Benin

### Summary

*Jatropha curcas* is a shrub which has an important economic and medicinal role in tropical and subtropical zones of the world. The oil of its kernels can serve as fuel feedstock to produce diesel, indicating its potential as a renewable source of energy. In an attempt to introduce new variation into cultivated *Jatropha curcas*, a program of intraspecific hybridization with several ecotypes originating from Africa, Asia and America was undertaken. Field studies were performed over three years 2009, 2010 and 2011. Before achieving hybridization, the floral ratio and the breeding system of physic nut were studied in Southern Benin ecological conditions. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed between the analysed ecotypes regarding the number of female flowers. This study has also confirmed that the breeding system of *Jatropha curcas* is essentially outcrossing and that foraging insects are the main pollination actors of female flowers. New intraspecific hybrid combinations were produced involving nine accessions. Crosses results varied according to the origin and the direction of the hybridization. Crosses between accessions of *J. curcas* originating from Africa and Asia gave hybrids without difficulty. The data obtained confirm that apomixis might play a major role in *J. curcas* a reproductive biology. Considering the high number of female flowers per inflorescence produced by the accession from Ecuador, and the large genetic distance existing between this accession and those from Africa and Asia, it should constitute a valuable genetic stock for the development of  $F_1$  hybrids with local ecotypes of *J. curcas*. However, the use of growth regulators might be necessary to improve the hybridization success rate when it is used as female parent.

### Résumé

#### Biologie florale et potentiel d'hybridation entre neufs accessions de pourghère (*Jatropha curcas* L.) provenant de trois continents

Le pourghère est un arbuste à potentiel économique et médicinal très important dans les zones tropicales et subtropicales du monde. L'huile provenant de l'amande de la graine peut être transformée en biocarburant ce qui indique que la plante est une source d'énergie renouvelable. Dans le but de créer des hybrides intraspécifiques, un programme de croisements entre plusieurs écotypes venant d'Afrique, d'Asie et d'Amérique a été entrepris. Les travaux ont été conduits sur une période de trois ans de 2009 à 2011. Avant la réalisation des croisements intraspécifiques, le ratio entre fleurs mâles et femelles a été déterminé et le système de reproduction de la plante a été étudié dans les conditions écologiques du Sud Bénin. Une différence significative ( $p < 0,05$ ) est notée entre le nombre des fleurs femelles des écotypes étudiés. Cette étude a aussi confirmé que *Jatropha curcas* est une plante allogame et que les insectes sont les principaux acteurs de la pollinisation des fleurs femelles. De nouveaux hybrides ont été créés à partir des croisements impliquant les écotypes étudiés. Les résultats des hybridations ont varié en fonction du sens des croisements et des provenances. Les croisements entre accessions de pourghère venant d'Afrique et d'Asie ont donné des hybrides sans difficulté. Les résultats obtenus confirment aussi que l'apomixie pourrait jouer un rôle important dans le système de reproduction de *J. curcas*. Compte tenu du nombre élevé de fleurs femelles produites par l'accession équatorienne, et de la distance génétique importante qui existe entre cette accession et celles d'Afrique et d'Asie, elle devrait constituer un matériel génétique de haute valeur pour développer des hybrides  $F_1$  avec les écotypes locaux de *J. curcas*. Cependant, l'utilisation de régulateurs de croissance pourrait être nécessaire pour améliorer le taux de réussite des hybridations quand il est utilisé comme parent femelle.

<sup>1</sup>Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin. Phone: 00229/90/91/45/42.

\*Corresponding author, E-mail: essehahoton@yahoo.fr, BP 01 526, Cotonou 01, Bénin.

Received on 21.02.12 and accepted for publication on 21.08.12.

## Introduction

Physic nut (*Jatropha curcas* L.) is a perennial multipurpose small tree or shrub originating from Mexico and Central America (12). Nowadays, the plant has a pantropical distribution (2). *J. curcas* is easily propagated by generative (seeding) and vegetative (cuttings) methods (14). This shrub is cultivated as a medicinal and oil plant in many tropical and subtropical countries. Various extracts from *J. curcas* seeds and leaves showed molluscicidal, insecticidal and fungicidal properties (11, 16). *J. curcas* belongs to tribe *Joannesieae* of *Crotonoidea*, *Euphorbiaceae* family which contains approximately 200 known species (6). *J. curcas* is a monoecious tree. Inflorescences are formed terminally on branches and are complex, possessing main and co-inflorescences with paracladia (5). Pollination is mainly secured by insects. Physic nut is adapted to a variety of habitats (2). Future improvements in environmental stress-, resistance, agronomic fitness, and quality of oil of physic nut depend on the diversity of the genetic stocks from which new traits can be selected. Species and provenance trials contribute fundamental information for further breeding and genetic improvement (4). Some ecotypes recently introduced in Benin present desirable attributes (3) which can be used for improving local plant materials. The development of improved cultivars through hybridization can contribute significantly to increase productivity and quality in cultivated plants. The key for success of any genetic improvement program lies in the availability of genetic variability for desired traits (6). Hybridization of selected parental lines allows the creation of new forms through genetic recombinations. The resulting hybrids serve as sources of genetic variations on which selection can be imposed. In order to assess the possibility to increase the genetic variability of physic nut and produce genetic stocks adapted to the local conditions, the floral biology and the crossing potential of 9 accessions originating from Africa (5 ecotypes, with one from Benin), Asia (3 ecotypes) and America (1 ecotype) were studied. The results of this work are presented and discussed here.

## Materials and methods

**Study site and plant material:** The experiments were conducted at the Faculty of Agricultural Sciences of Abomey-Calavi University, Benin, (Altitude 17.4 m, 06° 24'N, 02° 20'E) in 2010. Observations on the floral biology and crosses were carried out on two years old plants belonging to nine ecotypes. Five plants of each ecotype were used in the program. The ecotypes used come from: Benin (Abomey-Calavi), Cambodia, India (Hyderabad 1 and 2), Equator (Salinas), Madagascar, Senegal, Democratic Republic of Congo (LA22C3IV

and LA23C3V). An optimum package of agronomic practices was followed through various stages of crop growth. Plants were irrigated in dry season. The studied ecotypes were different regarding their flowering precocity. The first to bloom was the ecotype from Senegal (7 months after sowing). It was followed by Benin's ecotype two days later, and by six other ecotypes [India (Hyderabad 1 and 2) Madagascar, Democratic Republic of Congo (LA22C3IV and LA23C3V) and Cambodia]. The ecotype from Equator (Salinas) was the last to bloom (two and half months to three months after Senegal's ecotype). African and Asian ecotypes presented a synchronized flowering in the environment of Southern Benin. The American ecotype flowered much latter than the others. First flower anthesis was observed - 9 to 10 months after sowing for this ecotype instead of 7 to 8 months for the others.

**Floral ratio:** Ten inflorescences of each ecotype were selected from May to July 2010. The number of male and female flowers was counted in each inflorescence.

**Breeding system:** In order to estimate self-pollination and outcrossing pollination percentages, three methods were used. 1) Ten inflorescences were covered completely with polythene bags. The number of female flowers on each inflorescence was counted before bagging. At blooming period, the shrub was shaken vigorously with the objective to make fall pollen on stigma. Four days later, the polythene bags were removed. Twenty days after removing the bags, the number of fruits per inflorescence was counted. 2) Ten others inflorescences were also covered with polythene bags the day before flowering. The number of female flowers on each inflorescence was then counted before bagging. The flowering day, the pollen of each inflorescence was artificially applied by rubbing the anthers of male flowers on the stigma of female flowers from the same inflorescence. After artificial auto-pollination, the inflorescence was bagged again and the bags were removed four days later. Twenty days after removing the bags, the number of fruits per inflorescence was counted. 3) To check pollination under the natural conditions, the flowers were left without any intervention (no bag, no artificial pollination). Ten inflorescences were followed in natural conditions.

**Hybridization potential:** The flowers were emasculated by removing the petals and anthers by hand in the afternoon (5 to 7 pm) before anthesis and covered with polythene bags. Crosses were carried out in the morning of the following day (9 to 12 am) by rubbing the anthers of male parent against the stigma of female parent of another ecotype and the flowers were bagged again. The bags were removed four days after pollination, and the number of produced fruits was counted.

## Results

### Floral ratio

*J. curcas* produces flowers in racemose inflorescences with dichasial cyme pattern. The flowers are unisexual. The average number of male flowers per inflorescence varied from 78 to 291, with a mean of  $159.9 \pm 37.51$  while the number of female flowers per inflorescence varied from 2 to 20, with a mean of  $7.9 \pm 2.82$  (Table 1). The mean ratio of female to male flowers is thus 8/160. This ratio varies according to the provenance of the plants. The analysis of variance regarding male and female flowers frequencies showed that there was a significant difference among ecotypes for the number of female flowers per inflorescence. The provenance of Ecuador (Salinas) which has the highest mean number of female flowers comes from America, the continent of origin of the physic nut. There were no significant differences concerning the mean number of male flowers. Provenances from India showed the lowest number of female flowers.

### Breeding system and hybridization potential

The results of self-pollination and hand-pollination (Table 2) showed that *J. curcas* is self-compatible and that outcrossing is common. The result obtained by artificial auto-pollination with male flowers from the same tree is not different compared to the data obtained by free pollination in natural conditions. The lowest mean rate of pollination success (7%) was obtained from bagged inflorescences without castration. This indicates that wind pollination is unlikely for *J. curcas*.

Fruit set was not observed for all the crosses carried out. The rate of pollination success varied from ecotype to ecotype (Table 2) and according to the

direction of the cross (data not shown). The hybrid seed number per fruit obtained is lower than three, the usual number of seeds produced in a capsule of *J. curcas* (data not shown).

## Discussion

Physic nut is monoecious and the terminal inflorescences contain unisexual flowers. The ratio of male to female flowers we observed ranges from 13:1 to 26:1. These results are similar to those obtained by Teweiri (18). Divakara *et al.* (6), observed in their report that this ratio varies and changes drastically from 13:1 to 108:1 with the fall in temperature. The total average numbers of female (eight) and male (one hundred and sixty) flowers is comparable to the result obtained by Chang-wei *et al.* (5). The total average number of female flowers per inflorescence numerated by Wijaya *et al.* (19) and Ghosh and Singh (7) was respectively 5.2 and 5.8 in the two accessions they analyzed. The average numbers of female flowers we observed are higher than those mentioned by these authors. This study showed that in the growing conditions of Southern Benin main rainy season the studied *Jatropha* accessions carry a high number of female flowers. Rao *et al.* (15) argue that the low number of female flowers is one of the factors causing low yield. Chang-wei *et al.* (5) and Ghosh and Singh (7) observed that this ratio varies according to climatic characteristics, nutrition conditions and the origin of the accessions. We noticed in our experiment that the plants flower almost throughout the year because they were irrigated during the dry season. The same observation was made by Ghosh and Singh (7). Most

**Table 1**  
Mean number of male flowers, female flowers and mean ratio of male to female flowers per inflorescence and provenance

Provenances	Number of observed inflorescences	Mean number of female flowers (standard deviation)	Maximum	Minimum	Mean number of male flowers (standard deviation)	Maximum	Minimum	Mean Ratio of male to female flowers
Abomey-Calavi (Benin)	10	$8.7 \pm 1.25$ ab	10	7	$152.6 \pm 30.78$ a	177	86	18:1
Cambodia	10	$6.8 \pm 2.04$ a	11	4	$157.5 \pm 30.12$ a	209	107	23:1
Hyderabad 1 (India)	10	$6.4 \pm 1.67$ a	10	4	$157.7 \pm 41.97$ a	243	75	25:1
Hyderabad 2 (India)	10	$6.5 \pm 2.15$ a	10	2	$143.2 \pm 30.53$ a	205	103	23:1
LA22C3IV (Kivu, DRC)	10	$6.1 \pm 1.30$ a	9	4	$158.7 \pm 27.34$ a	206	126	26:1
(LA23C3V (DRC)	10	$7.7 \pm 1.88$ ab	10	5	$164.5 \pm 32.39$ a	218	99	21:1
Madagascar	10	$8.9 \pm 2.15$ b	14	6	$175.2 \pm 47.30$ a	279	102	20:1
Salinas (Ecuador)	10	$12.7 \pm 3.61$ c	20	8	$167.9 \pm 49.57$ a	291	95	13:1
Senegal	10	$7.2 \pm 1.66$ ab	10	5	$162.2 \pm 26.80$ a	195	123	23:1
General mean		$7.9 \pm 2.82$	-	-	$159.9 \pm 37.51$	-	-	20:1
F test		8.74			0.59			
Probability		0.000*			0.782 ns			
CV		5%			12%			

Significance level of F-test \*=( $P < 0.05$ ), ns= no significant ( $P < 0.5$ ) CV= coefficient of variation, the means followed by the same letter are not different statically.

DRC= Democratic Republic of Congo.

**Table 2**  
**Rate of fruit set according to the pollinating method**

Provenances (ecotypes)	Self-pollination without castration by covering completely the inflorescences with polythene bags and shaking vigorously the shrub			Artificial auto-pollination by rubbing the anthers of male flowers against the stigma of female flowers of the same plant.			Free pollination in natural conditions			Crossing potentialities for each ecotype when used as female parents <sup>1</sup>		
	Number of flowers counted before bagging of 10 inflorescences	Number of fruits obtained	Rate of fruit set (%)	Number of flowers counted before hand-pollination of 10 inflorescences	Number of fruits obtained	Rate of fruit set (%)	Number of flowers counted before free pollination of 10 inflorescences	Number of fruits obtained	Rate of fruit set (%)	Number of crosses carried out	Number of fruits obtained	Rate of fruit set (%)
Abomey-Calavi (Benin)	77	7	9	66	62	94	68	65	96	C (33) + M (10) + H <sub>2</sub> C (8) + M (4) + H <sub>2</sub> (6) = 18		29.5
Cambodia	60	2	3	53	49	92	64	56	88	20 (B) = 20	B (0) = 0	
Hyderabad 1 (India)	62	2	3	65	59	91	66	60	91	4 (S) = 4	S (0) = 0	
Hyderabad 2 (India)	49	3	6	54	49	91	58	50	86	S (8) + B (9) + M (2) = 19	S (2) + B (8) + M (1) = 11	57.9
LA22C3IV (Kivu, DRC)	74	7	9	75	67	89	70	63	90	B (8) + S (10) = 18	B (4) + S (0) = 4	22.2
LA23C3V (DRC)	68	6	9	65	62	95	62	56	90	S (12) = 0	S (0) = 0	-
Madagascar	60	5	8	71	64	90	68	62	91	-	-	-
Salinas (Equator)	108	4	4	91	87	96	93	81	87	B (23) = 0	B (0) = 0	-
Senegal	92	8	9	86	82	95	83	75	90	B (20) + H <sub>2</sub> (5) + C (17) + K <sub>1</sub> (5) + Sa (7) + K <sub>1</sub> (0) + Sa (14) = 61	B (8) + H <sub>1</sub> (4) + C (7) + K <sub>1</sub> (0) + Sa (0) = 19	31.1
total	650	44	7	626	581	93	632	568	90	218	52	23

<sup>(1)</sup> The data presented here were generally obtained from different crossing combinations. For the same mother parent the pollen parents varied according to the flowering synchronization of both parents. The different male parents used are designated as follows: B= Benin; C= Cambodia; H<sub>2</sub>= Hyderabad 2 (India); K<sub>1</sub>= Kivu 1 (Democratic Republic of Congo); M= Madagascar; S= Senegal; Sa= Salinas (Equator). Data between brackets represents either the number of crosses carried out or the number of fruits obtained by using the male parent whose designation is placed just before the brackets.

of the plants start producing seeds 7 months after sowing in our conditions. This is coherent with the observations made by Divakara *et al.* (6) who report that in good conditions plants can start producing within 7 months after planting.

Breeding systems are recognized as being of prime importance in regulating the genetic structure and evolutionary dynamics of plant populations. There are three kinds of mechanisms in plant breeding systems; geitonogamy, xenogamy and apomixis (10). The breeding system of *Jatropha curcas* is incrossing and outcrossing but the rate of the first is low compared to the second (5). The results of the present study also support this conclusion. The results obtained in Southern Benin conditions using free pollination (89.87%) showed that most of the pollination in *J. curcas* depended on entomophilous pollination. The results we obtained for natural and artificial cross-pollination (89.87% and 92.81% respectively) show that the main breeding system of *J. curcas* is xenogamy. Insects play an important role in the pollen flow. The result obtained by bagging inflorescences without castration (7% for the average fruit set rate) point out that the wind does not play an important role in the pollination of *J. curcas*. Several publications confirm that wind pollination is almost impossible for *J. curcas* (5). The fruit set we obtained in case of bagging of the inflorescence before anthesis of the female flowers could be the result of apomixis. Many authors have reported apomixis percentages in their works: 4% for Abdelgadir *et al.* (1), and 12% for Chang-wei *et al.* (5). Many insects intervene in the pollination of physic nut and their nature varies according to the cultivation zones.

*J. curcas* is still considered as a wild plant which exhibits great variability in production and quality characteristics because no careful breeding program with systematic selection has yet been carried out (2, 6). Improved varieties with desirable traits for specific growing conditions are not available, which makes growing *Jatropha* a risky business (8). An approach to increase the productivity of physic nut is to exploit the hybrid vigor that could be expressed by the  $F_1$  progenies issued from adequate crossing combinations. Application of heterosis breeding can boost the *Jatropha* yield. In order to have high yielding plants producing high quantity oil, it is necessary to create and select best suitable germplasm. Obtaining  $F_1$  hybrids (intraspecific hybrids) between ecotypes of physic nut was not difficult. The crosses realized showed that it is possible to develop new intraspecific hybrids. Similar conclusion was made by Tar *et al.* (17). The achievement of 218 hybridizations on 8 accessions used as female parent, gave 52 fruits and 126 seeds. Thirty four seeds germinated and 29 plants were well established and grew to reproductive maturity. The rate of germination was very low. This could be due to the low viability of the seeds perhaps

related to their high oil content or to a phenomenon of dormancy. Seed germination can be improved by the use of growth regulators and by soaking in water (9). Another method for overcoming the dormancy is to keep freshly harvested seeds over a month time at ambient temperature (6). The hybridization success is higher with some ecotypes than others. In some cases, no hybrid seeds could be obtained. This could be due to the provenance of ecotypes. Hybridizations between African and Asian ecotypes gave easily seeds, but it was difficult to obtain seeds when the South American accession was used. This could be explained by the low genetic variation found between African and Indian accessions (13) and by the higher genetic distance existing between South American accessions and ecotypes from the rest of the world (13, 15). Using 225 accessions collected from 30 countries in Asia, Africa and Latin America, Montes-Osorio *et al.* (13) found low genetic variation in African and Indian accessions and high genetic variation in Guatemalan and other Latin American accessions. The morphology of the  $F_1$  plants is very similar because variability between most of the accessions used in this study might not be very wide. The provenance of Ecuador (Salinas) which is morphologically different from other accessions (3) with the highest floral ratio (13:1), did not produce any fruit through crossing with plants originating from Africa or Asia. The analysis of the progeny obtained from crosses carried out between plants showing very different phenotypes should permit to verify the existence of a high rate of apomixis in *Jatropha*.

## Conclusion

This study showed that the floral ratio varies according to the provenance of the genetic stocks of *J. curcas*. The breeding system of physic nut is incrossing and outcrossing with foraging insects playing a major role in its pollination. The showy attractive flowers are clearly adapted for insect-mediated cross-pollination, whereas the production of fruits by self-pollination proves that the plants are capable of autogamy. Crosses between African and Asian accessions of physic nut gave hybrids without difficulty. The first attempts to produce hybrids by crossing African and Asian ecotypes to the accession from Ecuador failed. Because of the rather high rate of apomixis registered in different parts of the world and the indices of apomixis occurring in the plants we studied, all the plants produced by crossing different *J. curcas* parents might not be true hybrids. This point will have to be considered in the development of breeding programs aiming at improving the crop.

Considering the high number of female flowers per inflorescence produced by the accession from Ecuador, and the large genetic distance existing between this accession and those from Africa and

Asia, it should constitute a valuable genetic stock for the development of  $F_1$  hybrids with local ecotypes of *J. curcas*. However, the use of growth regulators might be necessary to improve the hybridization success rate when it is used as female parent.

## Acknowledgements

The authors warmly thank Prof. F. Flambert for providing the ecotypes originating from Ecuador and India used in their breeding program.

## Literature

1. Abdelgadir H.A., Johnson S.D. & Van Staden J., 2009, Pollinator effectiveness, breeding system, and tests for inbreeding depression in the biofuel seed crop, *Jatropha curcas*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **84**, 3, 319-324.
2. Achten W.M.J., Verchot L., Frankeek Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. & Muys B., 2008, *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, **32**, 12, 1063-1084.
3. Ahoton L.E., Quenum F. & Mergeai G., 2011, Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de Pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **5**, 4, 1619-1627.
4. Burley J. & Woodn P.J.A., 1976, Manual on species and provenance research with particular reference to the Tropics. *Tropical Forestry Papers N°10*. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford.
5. Chang-wei L., Kun L., You C. & Yong-yu S., 2007, Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. *For. Stud. China*, **9**, 2, 114-119.
6. Divakara B.N., Upadhyaya H.D., Wani S.P. & Gowda C.L.L., 2010, Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy*, **87**, 732-742.
7. Ghosh L. & Singh L., 2008, Phenological changes in *Jatropha curcas* in subhumid dry tropical environment. *Journal of Basic and Applied Biology*, **2**, 1, 1-8.
8. Jongschaap R.E.E., Corre W.J., Bindraban P.S. & Brandenburg W.A., 2007, Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Wageningen, The Netherlands: Plant Research International, <www.facfuels.org/media/Jatropha\_WUR session=isgklbna 58j7grrfst888n5r7>, (20/12/11).
9. Kumari M., Patade V.Y., Arif V.M. & Ahmed Z., 2010, Effect of IBA on seed germination, sprouting and rooting in cuttings for mass propagation of *Jatropha curcas* L. Strain DARL-2. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* **6**, 6, 691-696.
10. Les D.H., 1988, Breeding systems, population structure and evolution in hydrophilous angiosperms. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **75**, 819-35.
11. Makkar H.P.S. & Becker K., 1997b, *Jatropha curcas* toxicity: identification of toxic principle(s). *Proceedings 5<sup>th</sup> International Symposium on Poisonous Plants*, San Angelon, Texas, USA, May 19-23.
12. Makkar H.P.S. & Becker K., 1999, Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds *Review. Asian-Aus. J. Anim. Sci.* **12**, 3, 467-480.
13. Montes-Osorio L.R., Azurdia C., Jongschaap R.E.E., Van Loo E.N., Barillas E., Visser R. & Mejia L., 2008, Global evaluation of genetic variability in *Jatropha curcas*, <www.pri.wur.nl/NR/rdonlyres/413C2933685/70112/PosterMontesHR.pdf>, (20/12/11).
14. Openshaw K.A., 2000, Review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, **19**, 1-15.
15. Rao G.R., Korwar G.R., Arun K.S. & Ramakrishna Y. S., 2008, Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. *Trees*, **22**, 697-709.
16. Solsoloy A.D. & Solsoloy T.S., 1997, Pesticidal efficacy of formulated *J. curcas* oil on pests of selected field crops. *In: Gübitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M. (Eds), Biofuels and industrial products from Jatropha curcas*. Dbv-Verlag, Graz, 216-226.
17. Tar M.M., Patcharin T. & Peerasak S., 2011, Heterosis of agronomic characters in *Jatropha (Jatropha curcas* L.). *Kasetsart J. Nat. Sci.* **45**, 583-593.
18. Tewari D.N., 2007. *Jatropha and biodiesel*. 1<sup>st</sup> ed., Ocean Books Ltd. New Delhi, India, 227 p.
19. Wijaya A., Tidiana S., Harun M.U. & Hawalid H., 2009, Flower characteristics and the yield of *Jatropha (Jatropha curcas* L.) accessions. *Hayati Journal of Biosciences*, **16**, 4, 123-126.

L.E. Ahoton, Beneneese, Doctorate in Agronomic Sciences and biological engineering of Gembloux University (Belgium), 2002, Researcher and Professor at the Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin.

F. Quenum, Beneneese, Doctorate in Agronomic Sciences of Zhejiang University (China), 2002, Researcher and Professor at the Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin.



# Utilization of *Arachis hypogea* (Groundnut) and *Lablab purpureus* (lablab) Forage Meal Fed Sole or Mixed by Growing Rabbits

Grace T. Iyeghe-Erakpotobor

Keywords: Forage meal Performance- Sex- Groundnut- Lablab- Rabbits- Nigeria

## Summary

Thirty-six crossbred growing rabbits were used to evaluate performance of rabbits on sole and mixed forage meals in a 3 x 2 factorial experiment consisting three treatments made of *Arachis hypogea* (groundnut, GFM), *Lablab purpureus* (lablab, LFM) forage meals and 50:50 mixture of both forage meals (GLFM), and two sex groups (males and females) in a completely randomized design. Both forages were harvested, chopped and milled before inclusion at 50% rate into the concentrate diet to make complete diets and offered at 125 g/rabbit/day in earthen feeders in the morning at 08.00 hr. Results obtained indicated that forage type did not affect final weight of rabbits. Feed intake and weight gain respectively were similar for GFM ( $75.26 \pm 4.18$ ,  $6.02 \pm 1.18$  g/day), LFM ( $78.91 \pm 3.50$ ,  $7.86 \pm 0.99$  g/day) and GLFM ( $74.35 \pm 3.54$ ,  $7.53 \pm 1.00$  g/day). Feed cost and feed cost/kg gain were also similar for all the forage types. Male and female rabbits had similar final weight, feed intake, weight gain, feed cost and feed cost/kg gain. While weight gain was higher on GFM ( $7.95 \pm 1.29$  g/day) and LFM ( $7.37 \pm 1.39$  g/day) than GLFM ( $5.25 \pm 1.29$  g/day) for male rabbits, for female rabbits, weight gain was similar on GLFM ( $9.81 \pm 1.53$  g/day) and LFM ( $8.33 \pm 1.39$  g/day) and lower on GFM ( $4.09 \pm 1.97$  g/day). Saving/kg gain for male rabbits fed GFM and LFM was \$ 0.64-0.81 than GLFM while it was \$ 0.91-1.35 for female rabbits fed LFM and GLFM than GFM.

## Résumé

### Utilisation de l'arachide (*Arachis hypogea*) et du lablab (*Lablab purpureus*) comme aliments fourrageux simples ou composés pour lapins en croissance

Trente-six lapins en croissance de race croisée ont été soumis à une alimentation à base de fourrageux simples ou mixtes dans une expérimentation factorielle 3 x 2 avec un plan expérimental complètement aléatoire. Trois traitements ont été appliqués: *Arachis hypogea* (arachide ou GFM), *Lablab purpureus* (lablab ou LFM) en aliments fourrageux simples et un mélange (GLFM) de ces deux fourrages dans un rapport 50:50. Les lapins ont aussi été étudiés en fonction du sexe (mâle et femelle). Les deux fourrages ont été récoltés, broyés et moulus avant inclusion à hauteur de 50% chacun dans l'aliment composé dans le but d'obtenir un aliment complet. La ration individuelle était de 125 g/lapin/jour chaque matin à 8 heures. Les résultats obtenus ont indiqué que le type de fourrage n'influence pas la prise de poids des lapins. La quantité d'aliment ingéré et la prise de poids étaient respectivement similaires pour le GFM ( $75,26 \pm 4,18$ ;  $6,02 \pm 1,18$  g/jour), le LFM ( $78,91 \pm 3,50$ ;  $7,86 \pm 0,99$ ) et le GLFM ( $74,35 \pm 3,54$ ;  $7,53 \pm 1,00$  g/jour). Le coût de l'aliment et le coût de l'aliment par kg de prise de poids ont aussi suivi le même cours pour tous les types de fourrages. Les lapins, mâles et femelles, ont eu des résultats similaires en ce qui concerne leurs poids en fin d'expérience, les quantités d'aliment ingéré, les prises de poids, le coût de l'aliment et le coût de l'aliment par kg de prise de poids. Tandis que la prise de poids était plus élevée pour le GFM ( $7,95 \pm 1,29$  g/jour) et le LFM ( $7,37 \pm 1,39$  g/jour) que le GLFM ( $5,25 \pm 1,29$  g/jour) pour les mâles; et pour les femelles, la prise de poids était similaire pour le GLFM ( $9,81 \pm 1,53$  g/jour) et LFM ( $8,33 \pm 1,39$  g/jour) et plus faible pour le GFM ( $4,09 \pm 1,97$  g/jour). L'économie réalisée par kg de prise de poids des mâles alimentés par le GFM et le LFM était de 0,64-0,81 US\$ comparée au GLFM tandis qu'elle était de 0,91-1,35 US\$ pour les femelles alimentées par le LFM et le GLFM comparée au GFM.

## Introduction

The use of forages in rabbit feeding is normal practice, and rabbit producers are advised to feed forages as

supplement to a basic concentrate diet, in order to meet the fibre and some of the vitamin requirements

National Animal Production Research Institute, Ahmadu Bello University, Shika-Zaria, Nigeria.  
gtierak@yahoo.com, g.t.iyeghe-erakpotobor@napri-ng.org

Received on 02.12.10 and accepted for publication on 07.09.12.

(6). Forages are offered to rabbits as fresh, dry (hay) or meal. Studies have shown that whether offered separately or in complete diets as meal, forages elicit growth response in rabbits (1, 3, 4, 5, 6). In addition to fibre and vitamins, forages especially legume forages also provide protein and energy. Studies have also shown that rabbits can utilize 50 g of concentrate with forage grasses or legumes and still grow at a rate of 5-13 g/day (3, 5). Feeding of high concentrate level or diets with high nutrient density, may be ideal under intensive rabbit production or in temperate regions where growth rate of rabbits is high, and rabbits bred for fast growth, are raised. Even under intensive production systems, feeding of forages especially the forage alfalfa is practiced to provide fibre and other nutrients. Under tropical conditions, where growth rate is not as fast as under temperate conditions, and where farmers are generally resource poor and can therefore not afford to feed formulated concentrates because they are often expensive, but have forages in abundance either fresh, dry or as agricultural by-products, it makes a lot of sense to find ways of utilizing these forages in feeding rabbits at affordable prices. This study was undertaken to evaluate the performance of weaner rabbits on sole and mixed groundnut and lablab forage meals.

## Materials and methods

### Study site

The experiment was conducted in the Rabbitry of the National Animal Production Research Institute, Shika, Nigeria (10°11' N and 7°8' E, 650 m above sea level).

### Animals and housing

Progenies from crossing between New Zealand White, California and Chinchilla rabbits were used for this study. The rabbits were obtained from breeding does and bucks kept in the Rabbitry over the years. The kits were weaned at 4-5 weeks after kindling into colony cages and fed the concentrate used for the study. The health of the rabbits was monitored routinely by the Institute Veterinary doctors. The rabbits were kept individually in metal cages covered with wire mesh of dimensions 60 x 60 x 50 cm located in a completely walled house with open windows.

### Experimental procedure

Thirty six rabbits with average weight of  $1.2 \pm 0.1$  kg were allocated to three treatments ( $n= 12$  rabbits/

treatment) consisting of *Arachis hypogea* (groundnut), *Lablab purpureus* (lablab) forage meals and 50:50 mixture of both forage meals (to make up the 50% forage fraction of the diet), and two sex groups (males,  $n= 16$  and females,  $n= 20$ ) in a 3 x 2 factorial experiment in a completely randomized design. The forages were chopped and ground with a laboratory forage miller before inclusion into concentrate diet at 50% inclusion rate while for the mixed forage group, a 25:25 combination of groundnut and lablab forage meals was included at 50% inclusion rate into the concentrate diet to make complete diets as follows.

- 1) 50% concentrate plus 50% groundnut forage meal (GFM)
- 2) 50% concentrate plus 50% lablab forage meal (LFM)
- 3) 50% concentrate plus 25% groundnut forage and 25% lablab forage meals (GLFM).

The concentrate consisted of 22% CP and 2600 kcal ME/kg and contained in percentage proportion: maize 39.24, groundnut cake 42.26, maize offal 15.00, bone meal 3.0, salt 0.25, and vitamin/mineral premix 0.25. The vitamin/mineral premix was obtained from the market and it contained per kilogram ration: Vitamin A 1251 IU, Vitamin D3 2750 IU, Vitamin E 151 IU, Vitamin K 0.002 g, Vitamin B<sub>2</sub> 0.006 g, Nicotinic acid 0.035, Calcium D-Pantothenate 0.01 mg, Vitamin B<sub>6</sub> 0.0035 g, Vitamin B<sub>12</sub> 0.02 g, Folic acid 0.001 g, Biotin 0.0005 g, Vitamin C 0.025 g, Cholin chloride 0.39 g, Zinc bacitracin 0.02 g, Methionine 0.2 g, Avatec (Lasolacid) 0.09 g, Manganese 0.1 g, Iron 0.05 g, Zinc 0.04 g, Copper 0.002 g, Iodine 0.00153 g, Cobalt 0.000225 g and Selenium 0.0001 g.

The complete diets were made up of a mixture of 50% concentrate and 50% groundnut or lablab forage meal thoroughly mixed manually on the ground for the sole forage treatments. For the mixed forage treatment, 50% concentrate was mixed with 25% groundnut forage meal and 25% lablab forage meal to make a 100% complete diet. The diets were then fed to the rabbits for eight weeks. Table 1 shows the proximate composition of the forages and diets fed to the rabbits.

Lablab forage was obtained from the Forage Production Unit after harvest and seed removal while groundnut forage was obtained from the Rabbit Research Unit farm after harvest of the nuts and dried under shade.

The rabbits were given the experimental diets for one

**Table 1**  
Proximate composition of groundnut, lablab forage meals and complete diets fed to growing rabbits (%DM)

	Dry matter	Ash	Ether extract	Crude fibre	Crude protein
Groundnut forage meal	96.82	17.77	8.63	33.18	10.31
Lablab forage meal	96.42	19.26	4.56	28.40	12.43
Groundnut forage meal diet	88.99	11.11	15.67	17.49	17.28
Lablab forage meal diet	87.47	6.16	13.01	27.28	14.56
Groundnut + Lablab forage meal diet	89.05	10.47	15.79	26.25	16.19

week before data collection to allow them adjust to the diets. 125 g/rabbit/day feed was offered to the rabbits in earthen feeders in the morning at 08.00 hr. Water was supplied daily in earthen pots. The rabbits were treated against ecto- and endo-parasites using 10 mg/ml ivermectine (Pantex®, Holland). Feed wastage and/or leftover were measured daily while weight change was monitored weekly. Parameters monitored were feed intake and weight changes, feed conversion ratio, feed cost and feed cost/kg gain.

### Statistical analysis

Feed intake was computed as feed offered minus feed left over and wastage. Cost of concentrate was computed at \$ 2.53/kg and \$ 0.13/kg of forage [1 dollar (\$) = 150 Naira (₦)]. Data collected were subjected to analysis of variance test (12) for factorial experiment using General Linear Model procedure in a completely randomized design. Pair-wise difference method was used to separate significant means.

### Results

Forage type did not affect final weight of rabbits. Feed intake was similar for GFM, LFM and GLFM. Weight gain was also similar for all forage types. Feed cost and feed cost/kg gain was similar for all the forage types. Comparing the feed cost/kg gain of rabbits fed LFM and GLFM with GFM, showed savings/kg gain was \$ 0.27-0.40 for rabbits fed sole lablab (LFM) and mixed forage (GLFM) than rabbits fed sole groundnut forage (GFM) diet and \$ 0.10 between sole lablab forage (LFM) diet and mixed forage diet (GLFM).

Performance of male and female rabbits on the forage types is shown in table 2. There was interaction ( $P < 0.05$ ) between forage type and sex of rabbits on weight gain. Feed intake was higher on GFM than LFM and lowest on GLFM for male rabbits. Feed conversion was similar ( $P > 0.05$ ) for mixed forage than sole groundnut and lablab forage meals. Feeding sole groundnut and lablab forage meal diets to male rabbits gave saving/kg gain of \$ 0.64-0.81 than mixed forage diet while feeding sole groundnut forage meal diet gave

a saving/kg gain of \$ 0.17 than lablab forage meal diet. Performance of female rabbits on the forages was similar (Table 2) except for weight gain which was significantly lower for GFM than for LFM and GLFM. Feed conversion was lower ( $P > 0.05$ ) for groundnut forage than lablab and mixed forage. Saving/kg gain was \$ 0.91-1.35 for female rabbits fed sole lablab and mixed forage meal diets while saving/kg gain was \$ 0.68 for female rabbits fed mixed forage meal diet than sole lablab forage meal diet. No mortality was observed for rabbits during the study.

### Discussion

Feed intake in this study is lower than feed intake of 139.69-139.92 g/day that was obtained by Iyeghe-Erakpotobor (5) for rabbits fed groundnut forage and *Stylosanthes hamata* hay. Forage meals in complete diets were used in this study while the forage hays were offered separately with concentrate in their study, indicating a likely effect of form of offer of forages on feed intake. Similar intake of rabbits on the forages indicates their general acceptance by rabbits. Medium levels of legumes were consumed by rabbits offered groundnut, lablab, green gram, cowpea, verano stylo and horse gram (6).

Feed intake of male rabbits was slightly higher than females. Lazzaroni *et al.* (11) however, reported higher feed intake by females than male rabbits. Lazzaroni and Biagini (10) also obtained higher feed intake by female Carmagnola Grey rabbits than males. The pattern of intake shown by male and female rabbits indicates some level of preference for the forages when offered sole or in combination by male and female rabbits. It appears therefore that the preference of male and female rabbits for the forage meals was divergent. One would have thought that preference should not be exhibited by the sexes for the forages since they were incorporated in complete diets and they were both legumes shown to have similar preference by rabbits (6). Forages have different characteristics such as texture, hairiness, nutrient composition and

**Table 2**  
Performance of male and female rabbits on sole and mixed forage meal diets (Lsmean  $\pm$  SE)

Sex	Male			Female		
	Groundnut	Lablab	Groundnut + Lablab	Groundnut	Lablab	Groundnut + Lablab
Initial weight (kg)	1.34 $\pm$ 0.13	1.21 $\pm$ 0.14	1.20 $\pm$ 0.14	1.20 $\pm$ 0.20	1.14 $\pm$ 0.14	1.06 $\pm$ 0.16
Final weight (kg)	1.74 $\pm$ 0.15	1.59 $\pm$ 0.16	1.47 $\pm$ 0.15	1.40 $\pm$ 0.22	1.58 $\pm$ 0.16	1.58 $\pm$ 0.18
Total feed intake (kg)	4.16 $\pm$ 0.24	4.02 $\pm$ 0.26	3.71 $\pm$ 0.24	3.87 $\pm$ 0.37	4.35 $\pm$ 0.26	4.16 $\pm$ 0.29
Feed intake (g/d)	78.07 $\pm$ 4.58	75.50 $\pm$ 4.94	70.01 $\pm$ 4.58	72.45 $\pm$ 6.99	82.31 $\pm$ 4.94	78.68 $\pm$ 5.42
Weight gain (g/d)	7.95 $\pm$ 1.29 <sup>a</sup>	7.37 $\pm$ 1.39 <sup>a</sup>	5.25 $\pm$ 1.29 <sup>ab</sup>	4.09 $\pm$ 1.97 <sup>b</sup>	8.33 $\pm$ 1.39 <sup>a</sup>	9.81 $\pm$ 1.53 <sup>a</sup>
FCE (gain/intake)	0.11 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.02
Feed cost (\$/d)	0.014 $\pm$ 0.001	0.014 $\pm$ 0.001	0.013 $\pm$ 0.001	0.013 $\pm$ 0.0013	0.015 $\pm$ 0.001	0.014 $\pm$ 0.001
Feed cost/gain (\$)	2.043 $\pm$ 0.41	2.21 $\pm$ 0.44	2.85 $\pm$ 0.41	2.92 $\pm$ 0.63	2.04 $\pm$ 0.44	1.59 $\pm$ 0.49
Saving/kg gain (\$)	0.811	0.644	-	-	0.907	1.354

<sup>ab</sup>Means bearing different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

taste which might affect their appeal to animals. It is likely that, this might be the reason for the divergent preference observed in this study.

Weight gains obtained in this study are similar to gains of 5.80 to 7.69 g/day obtained when rabbits were fed verano stylo, groundnut haulms and combination of groundnut and stylo supplemented with 50 g concentrate (5). Daily weight gain of 5.8-7.7 g obtained are similar with gains reported for rabbits on groundnut haulms, sweet potato and soybean forage (8, 4), mucuna, lablab and groundnut haulms (7) supplemented with 50 g concentrate. Legume forages are rich sources of protein especially in the leafy parts. Rabbits fed with verano stylo, lablab, cowpea and groundnut forages, cook stylo and centro (*Centrosema pubescens*) showed good performance when these legumes were offered in combination with small amounts of concentrate (6).

Weight gain was similar for male and female rabbits in this study. Ekpo *et al.* (2) also did not observe any difference between the sexes in growth performance of rabbits fed unpeeled, peeled cassava tuber and cassava peel meals while, Laxmi *et al.* (9) reported non-significant effect of sex on body weights of rabbits at ages 4, 8, and 16 weeks. Significantly lower weight gain by female rabbits fed sole groundnut forage meal diet than sole lablab forage and mixed forage meal diets and for male rabbits fed diet containing mixed forage meal than sole groundnut and lablab forage meal diets also indicates gender preference for the forages and hence better performance on the preferred forage by the rabbits which in this case is groundnut forage meal for males and mixed groundnut and lablab forage meal for female rabbits.

Feed conversion efficiency of rabbits fed the forage meal diets in this study is better than was reported by Iyeghe-Erakpotobor (5). However, similar conversion of feed by rabbits on the forage meal diets observed in this study is at variance with the report of Iyeghe-Erakpotobor (5) who observed significant differences in feed conversion of rabbits offered sole groundnut

forage and mixed groundnut and stylo (*Stylosanthes hamata*) than sole stylo forage. Though feed conversion efficiency was similar for male and female rabbits fed the forage meal diets, divergent feed conversion efficiency observed for male and female rabbits indicate the preferences of the rabbits, for whether the forage is offered sole or in combination.

Male rabbits appeared to prefer sole forage meals than mixed forage meal and hence had better conversion efficiency on these forages, while females who appeared to prefer mixed forage meal and lablab forage meal than sole groundnut meal diet also had better conversion efficiency on these forages than the less preferred forage meal. Amata and Bratte (1) reported feed conversion ratio did not differ significantly for gliricidia leaf meal levels but cost/kg feed and cost/kg body weight gain significantly reduced with level of gliricidia leaf meal.

In this study however, feed cost and feed cost/kg gain were similar for all the forages and sex. Though feed conversion efficiency, feed cost and feed cost/kg gain were not different statistically, there was considerable saving/kg gain of rabbits fed the forage meals and for male and female rabbits on the forage meals. The savings/kg gain obtained when translated over time could give significant increase in returns to farmers. This is could translate to quite considerable savings and probably go a long way in increasing the farmer's profit margin when the farmer's animal production over time is considered.

It is concluded from this study that rabbits perform equally well on groundnut, lablab and mixed forage meal diets. Male and female rabbits however have divergent preference for the forages when fed sole or mixed. Male rabbits preferred groundnut and lablab forage meal while female rabbits preferred mixed and lablab forage meal to groundnut forage meal diets. It is important that in feeding forages to rabbits especially for commercial meat production, differences in preference of male and female rabbits should be considered for optimum profitability.

## Literature

- Amata I.A. & Bratte L., 2008, The effect of partial replacement of soybean meal with gliricidia leaf meal on the performance and organ weights of weaner rabbits in the tropics. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, **3**, 3, 167-173.
- Ekpo J.S., Etuk I.F. & Solomon I.P., 2008, Influence of sex on growth and carcass traits of rabbits fed unpeeled cassava tuber meal, peeled cassava tuber meal and cassava peel meal as energy sources. *Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences*, **6**, 1, <http://ajol.info/index.php/joass/article/view/48634>.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T., 2006, Performance of grower rabbits fed concentrate and *Stylosanthes* (verano) combinations under tropical conditions. *Animal Science Journal*, **77**, 1, 71-78.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T., 2007, Effect of concentrate and forage type on performance and nutrient digestibility of grower rabbits under sub-humid conditions. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, **2**, 3, 125-132.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T., 2009, Performance of rabbits on stylo and groundnut haulms. *Nigerian Journal of Animal Production*, **36**, 2, 288-296.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T. & Muhammad I.R., 2008, Intake of tropical grass, legume and grass-legume mixtures by rabbits. *Tropical Grasslands*, **42**, 2, 112-119.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T., Abdulmalik M.E., Uguru J.O. & Abeke F.O., 2002, Determination of optimum concentrate and forage combination for small holder feeding of rabbits. *Tropical Journal of Animal Science*, **5**, 1, 181-187.
- Iyeghe-Erakpotobor G.T., Aliyu R. & Uguru J., 2006, Evaluation of concentrate, grass and legume combinations on performance and nutrient digestibility of grower rabbits under tropical conditions. *African Journal of Biotechnology*, **4**, 20, 2004-2008.
- Laxmi P.J., Ramesh Gupta B., Gnana Prakash M., Ekambaram B. & Amareswari P., 2009, A study on the performance of fryer rabbits under

---

different systems of rearing. Livestock Research for Rural Development. <http://www.lrrd.org/lrrd21/8/cont2108.htm>.

10. Lazzaroni C. & Biagini D., 2002, Meat production in the Carmagnola Grey rabbit: different housing and sex effect. Action 848 Multi-facetted research: a model to develop a healthy and safe production in respect of animal welfare. 2<sup>nd</sup> meeting of the working group in meat and meat safety. 11-14<sup>th</sup> April, 2002. Agricultural University of Athens, Greece.
11. Lazzaroni C., Biagini D. & Lussiana C., 2009, Different rearing systems for fattening rabbits: performance and carcass characteristics. Meat Science, **82**, 2, 200-204. Doi:10.1016/j.meatsci.
12. Statistical Analysis Systems (SAS), 1987, SAS/STAST. Guide for personal computers. Version 6. SAS INSTITUTE. Pp. 697-978.

---

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

# Attempted Cultivation of *Jatropha curcas* L. in the Lower Senegal River Valley: Story of a Failure

Marieke Terren<sup>1,2\*</sup>, S. Saverys<sup>1</sup>, P. Jacquet de Haveskercke<sup>1</sup>, S. Winandy<sup>2</sup> & G. Mergeai<sup>2,3</sup>

Keywords: *Jatropha curcas*- Pilot plantation- Lower Senegal River valley- Senegal

## Summary

*With the objective of determining whether it would be possible to sustainably produce *Jatropha curcas* L. seeds on the marginal land situated close to the Senegal River, a 6-hectare pilot plantation was cultivated under drip irrigation between September 2007-November 2011, close to the village of Bokhol (Lat. 16°31'N, Long. 15°23'W). A series of tests were conducted on this plot, in order to identify the best cultivation methods for the area (date, density and method of planting, appropriate type of pruning, fertilisers to be applied, irrigation method, etc.). The average yields obtained at this site, after four years of cultivation (less than 500 kg.ha<sup>-1</sup> of dry seed), using the best known production techniques, are significantly lower than anticipated, compared to the available figures for the irrigated cultivation of *Jatropha* in other parts of the world. The main causes of this failure are the plant's limited useful vegetation period of six months per year, instead of twelve, and the scale of attacks by a soil-borne vascular disease, which destroyed over 60% of the plantation within four years.*

## Résumé

**Tentative de culture de *Jatropha curcas* L. dans la basse vallée du fleuve Sénégal: histoire d'un échec**

*Dans le but de déterminer s'il était possible de produire durablement des graines de *Jatropha curcas* L. sur des terres marginales situées à proximité du fleuve Sénégal, une plantation pilote de 6 ha a été installée sous irrigation goutte à goutte et exploitée entre septembre 2007 et novembre 2011 à proximité du village de Bokhol (Lat. 16°31'N, Long. 15°23'W). Une série d'essais ont été réalisés sur cette parcelle en vue d'identifier les meilleures modalités de culture de celui-ci (date, densité et mode de plantation, type de taille à réaliser, fertilisation à appliquer, mode d'irrigation, etc.). Les rendements moyens obtenus sur ce site après quatre ans de culture (moins de 500 kg.ha<sup>-1</sup> de graines sèches) pour les meilleurs itinéraires techniques identifiés sont nettement inférieurs à ceux attendus sur base des chiffres avancés pour la culture irriguée du *Jatropha* dans d'autres régions du monde. Les principales causes de cet échec sont la limitation de la période de végétation utile des plantes à six mois par an au lieu de douze et l'importance des attaques d'une maladie fongique vasculaire transmise par le sol qui a détruit plus de 60% de la plantation en quatre ans.*

## Introduction

*Jatropha curcas* L. (which we will call simply *Jatropha*) is a rustic shrub that originated in Central America, which is cultivated on a large scale in the world's tropical regions, because of its many claimed and proven qualities (2, 3, 4, 5, 7, 10, 17, 20). Its oil-rich seeds represent a high quality feedstock for the production of agrofuels. Its large-scale production represents a possible solution to the energy crisis that threatens the world, following structural increases in hydrocarbon prices. This explains the current enthusiasm for *Jatropha* cultivation shown by many stakeholders in the energy sector (governments, private investors, NGOs, farmer organisations, etc.), despite the fact that the viability of developing production and processing chains, for the use of this

plant, has not yet been properly assessed. Most of the available data on the costs and revenue from this type of enterprise are invariably based on simple hypotheses or incorrect extrapolations (8, 11, 14, 22, 24). In order to determine whether it would be possible to sustainably cultivate *Jatropha* on a large scale on the marginal land situated close to the Senegal River, a pilot project was launched in September 2007 in the rural community of Bokhol (Dagana Département, Saint-Louis Region). The results obtained by this research and development project, after four years, are here presented and discussed, in order to provide information for anyone wishing to set up business producing *Jatropha* in this region or other areas characterised by similar cultivation conditions.

1. Durabilis Foundation, Kortrijksesteenweg 930, B-9000 Gent, Belgium.

2. Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

3. Aide au Développement Gembloux (NGO) asbl, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

\*Author's e-mail: [m.terren@doct.ulg.ac.be](mailto:m.terren@doct.ulg.ac.be) Tel.: (+221) 773 394912.

Received on 04.01.12 and accepted for publication on 07.09.12.

## Equipment and methods

### Area studied and source of data analysed

The data here presented was collected as part of the project focusing on *Jatropha* cultivation, which was conducted in Senegal by the Durabilis SAFS, with scientific support from the Tropical Crop husbandry and Horticulture Unit of the Faculty of Gembloux Agro-Bio Tech of the University of Liege.

Observations were made at the 6-hectare pilot experiment site used for the drip irrigated cultivation of *Jatropha*, which was set up by the Durabilis SAFS 1.5 km south-east of the village of Bokhol (Lat. 16°31'N, Long. 15°23'W.) and 1.5 km from the Senegal River. This site is characteristic of the agro-ecological zone of the Senegal River (21). The climate is of the BWh type (Sahelian climate) according to the classification of Köppen. The annual rainfall in this area ranges from 180-300 mm, distributed over three months in the rainy season (late June - late September). The average annual daily temperature is above 18 °C, with an average annual minimum temperature of 23 °C and an average annual maximum temperature of 37 °C. Temperatures can fall to below 10 °C at night between late December – late February and exceed 41 °C during the very hot periods seen in May. The terrain is completely flat and the plantation was established on sandy soils (*Dieri* type). The 6 hectares covered by the plantation were divided into twelve half-hectare plots, where a series of tests were conducted.

### Method used to produce the *Jatropha* analysed

Based on the natural and socio-economic characteristics of the areas, in which *Jatropha* is cultivated, the latter can be included in a wide range of different cropping systems. When it comes to perennial plants, these cropping systems can be identified mainly by the crop combinations and the cultivation techniques used.

In the Senegal River zone, the environmental conditions are such that it is only possible to cultivate *Jatropha* by providing additional water. The cultivation method analysed in this region involves cultivating *Jatropha* in pure stand under drip irrigation. This irrigation system was adopted because it was the most economical in terms of water use.

In the case of the Bokhol site, the water is drawn from the Senegal River and conveyed to the *Jatropha* plots using an electric centrifugal pump of the Ebara brand (35 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>), which is powered by an 8 kVA electric generator of the ANTOR AL 8000 TS brand (Lombardini). In areas located further away from the river, the use of drill holes of varying depths is necessary in order to irrigate the plots.

### Tests conducted at the Bokhol site

The tests conducted at the pilot plantation aimed to identify the best cultivation methods for *J. curcas*.

These trials focused on: the planting method (direct sowing, planting of bareroot and containerized seedlings produced in nurseries), plant spacing (2 x 2 m, 3 x 1.33 m, 3 x 2 m, 3 x 3 m et 3 x 4 m), high and low shape pruning on 1-year old plants, fertilisation with various doses of mineral and organic fertilisers.

### Methods used to analyse technical-economic performances of cultivation systems

Evaluating the technical and economic performances of *Jatropha* cultivation involved calculating the net income hectare<sup>-1</sup>. year<sup>1</sup>. This income was calculated by subtracting the value of intermediate inputs (all goods and services consumed as an integral part of the production process within the same year) and the cost of the labour required for the production process from the gross product (i.e. the value of the yield produced during the relevant year).

## Results and discussion

### Climatic constraints

Contrary to expectations when the plantation was set up, climatic conditions in the region are not suitable for continuous *Jatropha* production throughout the year. Between mid-December and mid-March, low temperatures at night cause all plants of all the ecotypes cultivated, which are older than one year, to lose all their foliage. From mid-March until late June (when the rainy season begins), the leaves reappear on the trees, but the inflorescences are fully dried out by the dry and warm wind, which blows across the region from the Sahara. In the absence of effective wind-breaks (which were not erected due to lack of time), the period, during which *Jatropha* fruits can be produced, is ultimately limited to only 6 months of the year (from mid-June to mid-December) in the area. The effectiveness of wind-breaks created using *Eucalyptus camadulensis*, which are recommended in the area, in order to promote the development of annual and perennial crops, was not evaluated due to lack of time (12). It appears, however, unlikely that the latter would have significantly improved the situation. The loss of foliage, which helps the plant to survive periods that are not conducive to growth, is a common reaction in *Jatropha*. Water stress is often the cause of this phenomenon (2). The prevalence of excessively cold temperatures in winter, even if it is possible to cover the plant's need for water, also causes it to lose all its leaves. This type of behaviour limits the potential to cultivate *Jatropha* in the area studied and certainly represents a constraint, in terms of extending its cultivation to areas situated further north than the Senegal River (North Africa, Egypt).

### Edaphic constraints

The soils at the Bokhol site contain, on average, over 90% sand (fine and coarse) in the arable horizon and

are slightly richer in clay at lower levels. Their organic matter content is very low (< 1%) and they present a very low chemical fertility (CEC between 2-3 meq/100 g soil). Based on previous findings, due to their loose texture and good drainage characteristics, they do not present unfavourable physical properties for *Jatropha* cultivation. This was demonstrated by the plants' very high initial growth, which was observed when the plantation was set up. Effectively managing the irrigation and fertilisation of this type of soil should make it possible to produce almost any kind of crops, except for rice. The soil characteristics therefore do not seem to be considered, in order to explain the serious problems affecting the growth of *Jatropha* plants at the experimental site.

### Phytosanitary constraints

At the start of the dry season in the second year after the plantation was set up, the *Jatropha* plants suffered strong attacks from leaf miners of the *Stomphastis thraustica* species (Lepidoptera, *Gracillariidae*). This type of attack recurred more occasionally in subsequent years. Several far more sporadic attacks of *Calidea panaethiopica* bug (Heteropteran, *Scutelleridae*) on maturing capsules and stem miners of the *Pempelia morosalis* species (Lepidoptera, *Pyrallidae*) have also been observed in Bokhol. The cost of the inputs necessary to control pests on *Jatropha* in the Bokhol area is estimated at 50 EUR ha<sup>-1</sup>. year<sup>-1</sup>.

In addition to attacks by pests, the *Jatropha* plants suffered from very serious attacks of a vascular disease, from the second year of cultivation, which killed approx. 65% of the *Jatropha* on the plantation within three years (Photo 1). This disease is characterised by a withering and decolouration of the foliage (Photo 2) followed by the loss of all leaves, all of which was accompanied by collar rot. Once the leaves have fallen onto the ground, the plants suffer from opportunistic attacks by termites, which cut through the trunks and cause them to fall to the ground. The disease has spread from a number of infection sites. Various



Photo 1: Aerial view of the plantation in Bokhol (September 2010).

chemical treatments (sulphur, thiophanate-methyl, oxylchloride and benomyl) were used, in an attempt to control this disease, but without success. Similarly, the decrease of the frequency of irrigation did not permit to limit the losses.

The importance of soil-borne vascular diseases on *Jatropha* plants cultivated under irrigation is not well documented. According to Ab van Peer (13, 23), these problems are common in many irrigated plantations, but very few scientific publications refer to this type of attack. Kaushik *et al.* describe attacks by *Fusarium moniliforme* in India (15). Other soil fungi (*Nectria haematococca*, *Lasiodiplodia theobromae*) are examined by Wu *et al.* (25) and Pereira *et al.* (18) in cases of root and collar rot in China and Brazil.

As no other *Jatropha* cultivation attempts have been made at large-scale in other parts of the Senegal River valley, it is not possible to confirm that all the soils present the same level of infection as that found in Bokhol. It must be noted, however, that fungal attacks, which cause damage similar to that recorded in Bokhol, have been observed at other plantations in the north of Senegal.

### Main results of the tests

Following major attacks by a soil-borne vascular disease and climatic conditions that were not conducive to cultivation, most of the results obtained from the different tests are limited to the first two years of cultivation.

**Table 1**  
Comparison of expected and actual yields of dry *Jatropha* seeds

Year	Expected yield per hectare (tonne. ha <sup>-1</sup> ) under irrigation and the least favourable conditions	Yield obtained at Bokhol (tonne. ha <sup>-1</sup> )
Year 1	0.75	0.13
Year 2	1.00	0.35
Year 3	4.25	0.50
Year 4	5.25	0.50



Photo 2: *Jatropha* plant showing symptoms of the soil-borne vascular disease.



The main results from the tests show that the planting method influences the development of plants. Plants grown in nurseries after being sown in plastic containers show stronger growth. The addition of organic and mineral fertilisers can be beneficial to the development and growth of *Jatropha*. The best response was obtained from a 1 kg dose of organic fertiliser and 40 g NPK per plant for irrigated crops. Pruning makes it possible to increase the number of ramifications. The spacing out of plants promotes their agronomic performance, particularly in terms of productivity.

The average yields obtained at the site after four years of cultivation (less than 500 kg. ha<sup>-1</sup> of dry seeds), using the best known techniques of production, are significantly lower than anticipated, compared to the available figures for irrigated *Jatropha* crops in other parts of the world. The seeds are often small and poorly filled. The weight of 1000 seeds rarely exceeds 500 g and their average oil content (23%) is less than the 35% frequently quoted in the literature (2).

### Profitability of *Jatropha* production

In the north of Senegal, the need for water increases rapidly after planting and, once the vegetative cover of the *Jatropha* has closed, reaches a value directly linked to that of the potential evaporation, which varies between 4.26 to 8.33 mm. day<sup>-1</sup> within the same year in this area (9). Under the climatic and soil conditions in Bokhol, with its drip irrigation system, the total volume of water to be added per hectare/year rises to 11,314 m<sup>3</sup> (26). Based on an average cost estimated at 40 Fcfa. m<sup>-3</sup> (water has to be brought up from the Senegal River, using a motor pump to a height of 1.5 m over a distance of 1.5 km), this results in a total cost of 452,560 Fcfa or 691 EUR ha<sup>-1</sup>. year<sup>-1</sup>.

Despite the possibility of irrigating throughout the year, the combination of problems caused by fusarium/pest attacks and the limited annual growth period of *Jatropha* resulted in an average yield of under 500 kg. ha<sup>-1</sup> dry seed for the plantation in its 4<sup>th</sup> year, instead of the 5.25 tonnes anticipated for the soil type at the experimental site (13). Table 1 compares the actual performance of the Bokhol site with the anticipated result, based on the yields quoted for irrigated *Jatropha* crops by different sources (13, 16, 19).

Very little data has been published on yields produced by irrigated *Jatropha* crops. The majority of available references (16) are based on studies conducted by different organizations (19), which base their estimates on second hand data. In a test conducted at the National Water Research Centre at Sharkiya in Egypt, Abdrabbo *et al.* (1) produced yields ranging from 90-200 kg.ha<sup>-1</sup> of seed at a plantation that was over two years old, depending on the quantity of water applied (between 50%-125% of the PET). These yields are very far from those described by some advocates of *Jatropha* cultivation (13).

Due to the low yields obtained, the attempt to grow *Jatropha* in the Bokhol area resulted in complete failure (Table 2). In view of the average price of 65 FCFA (0.10 EUR). kg<sup>-1</sup> offered to Senegal in 2011 for the purchase of dry *Jatropha* seeds, an average gross product of 50 EUR.ha<sup>-1</sup> is obtained. Under these conditions, the GVA generated during the third year after the plantation was established is largely negative (around - 690 EUR.ha<sup>-1</sup>, taking into account 690 EUR. ha<sup>-1</sup> for the required water and 50 EUR.ha<sup>-1</sup> for the cost of other inputs).

This means that, based on the conditions for purchasing *Jatropha* seeds at the end of 2011 in Senegal and for the system set up at Bokhol, it would have been necessary to produce at least 7,000 kg dry seed ha<sup>-1</sup>. year<sup>-1</sup>, in order to cover the cost of intermediate inputs. This fails to take into account the depreciation of the irrigation system and equipment, as well as the cost of labour required during harvesting. Considering the even higher cost of obtaining irrigation water from deep boreholes (actual cost= 120 Fcfa.m<sup>-3</sup>) compared to water pumped from the river (6), the setting up of irrigated *Jatropha* crop plantations is certainly not profitable under the cultivation conditions that prevail in the north of Senegal.

### Conclusions

The results obtained from the *Jatropha* cultivation tests conducted on marginal soils in Bokhol contradict some of the statements still found on the Internet concerning the potential of this crop (13). According to these allegations, *Jatropha* is hardly sensitive to

**Table 2**  
Economic performance of *Jatropha curcas* cultivation at the pilot site

Year	Yield kg.ha <sup>-1</sup>	Gross profit (EUR.ha <sup>-1</sup> )	Cost of inputs (EUR.ha <sup>-1</sup> )	Labour costs (EUR.ha <sup>-1</sup> )	Irrigation costs (EUR.ha <sup>-1</sup> )	Net profit (EUR.ha <sup>-1</sup> )
Year 1	130	13	70	300	300	- 600
Year 2	350	35	100	500	310	- 875
Year 3	500	50	100	750	690	- 1490
Year 4	500	50	100	750	690	- 1490

attacks by pests and diseases, able to grow in all soil types, except hydromorphic soils, and, provided it is irrigated, can be cultivated at low altitudes in all tropical regions. On the contrary, our results clearly show that climatic constraints (low temperatures during the winter months and warm, dry winds during the hot, dry season) and phytosanitary constraints (massive attacks by a soil-borne vascular disease) meant that *Jatropha* cultivation was not economically viable at our experimental site. These constraints resulted in the failure of the large-scale *Jatropha* plantation project on marginal land in the lower

Senegal River valley. We felt that it was important to share this unfortunate experience with anyone wishing to explore this avenue, so that they do not repeat our mistakes and go into this type of business with their eyes open.

## Acknowledgements

The authors would like to thank the Durabilis Foundation for providing financial support for this research, the results of which are presented in this article.

## Literature

1. Abdrabbo A.A.K. & Nahed M.M.A., 2009, Response of *Jatropha curcas* L. to water deficits: yield, water use efficiency and oilseed characteristics. *Biomass & Bioenergy*, 33, 1343-1350.
2. Achten W., Verchot L., Franken Y., Mathijs E., Singh V., Aerts R. & Muys B., 2008, *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass & Bioenergy*, 32, 12, 1063-1084.
3. Achten W., Maes W., Aerts R., Verchot L., Trabucco A., Mathijs E., Singh V. & Muys B., 2010, *Jatropha*: from global hype to local opportunity. *J. Arid Environ.* 74, 1, 164-165.
4. Achten W., Nielsen L., Aerts R., Lengkeek A., Kjaer E., Trabucco A., Hansen J., Maes W., Graudal L., Festus K. Akkinifesi & Muys B., 2010, Towards domestication of *Jatropha curcas*. *Biofuels*, 1, 1, 91-107.
5. Brittain R. & Lutaladio N., 2010, *Jatropha*: a smallholder bioenergy crop the potential for pro-poor development. *Integr. Crop Manag* 8, 114 p. <http://www.fao.org/docrep/012/i1219e/i1219e.pdf> consulté le 20/08/12.
6. Centre de suivi écologique. Ministère de l'environnement et de la protection de la nature. Dakar. Sénégal. <http://ns.cse.sn/fao/irrigat.htm>. Consulté le 27/04/12.
7. de Jongh J. & Nielsen F., 2011, Lessons learned: *Jatropha* for local development. Fact foundation. [http://www.fact-foundation.com/en/Knowledge\\_and\\_Expertise/News/Recent\\_news/Jatropha%3A\\_lessons\\_learned](http://www.fact-foundation.com/en/Knowledge_and_Expertise/News/Recent_news/Jatropha%3A_lessons_learned). Consulté le 22/02/2012.
8. Euler H. & Goritz D., 2004, Case Study *Jatropha*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Frankfurt. Germany. 64 p.
9. FAO, 1984, Données agroclimatologiques pour l'Afrique. Volume 1. Pays au nord de l'équateur. Rome. Italie.
10. Francis G., Edinger R. & Becker K., 2005, A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Nat. Resour. Forum*, 29, 12-24.
11. Gour, 2006, Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. B. Singh, R. Swaminathan, V. Ponraj (Eds.), Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence – focus on *Jatropha*, Hyderabad, India, June 9-10, Rashtrapati Bhawan, New Delhi, pp. 223-251.
12. Harmand J.M., 1988, L'opération pôles verts. Plantation et brise-vent irrigués expérimentaux dans la basse vallée et le delta du fleuve Sénégal. Green areas project. *Bois & forêts des Tropiques*, 218, 3 -32.
13. [http://www.jatrophaworld.org/cropcultivation\\_10.html](http://www.jatrophaworld.org/cropcultivation_10.html). consulté le 26/04/12.
14. Jongschaap R.E.E., Corre W.J., Bindraban P.S. & Brandenburg W.A., 2007, Claims and facts on *Jatropha curcas* L.: Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. (Plant Research International BV, Wageningen, The Netherlands and Stichting Het Groene Woudt, Laren, The Netherlands).
15. Kaushik N., Sharma S. & Kaushik J.C., 2001, *Fusarium moniliforme* causing root rot of *Jatropha*. *Indian Phytopathology*, 54, 2, 275.
16. Kumar S., 2012, A comprehensive life cycle assessment *Jatropha*. *Biore-source Technology*, 110, 723-729.
17. Openshaw K., 2000, A review of *Jatropha curcas*: an oilplant with unfulfilled promise. *Biomass & Bioenergy*, 19, 1-15.
18. Pereira O.L., Dutra D.C. & Dias L.A.S., 2009, *Lasiodyplodia theobromae* is the causal agent of a damaging root and collar rot disease on the biofuel plant *Jatropha curcas* in Brazil. *Australas. Plant Dis. Notes*, 4, 120-123.
19. Prayas, 2006, *Jatropha* in horticulture program of employment guarantee scheme – An assessment from the small farmer's. PRAYAS Group. Pune, Maharashtra, India. [http://prayaspune.org/reli/PUBLICATIONS\\_files/C\\_1\\_9.pdf](http://prayaspune.org/reli/PUBLICATIONS_files/C_1_9.pdf) consulté le 26/04/12
20. Reubens B., Achten W., Maes W., Danjon F., Aerts R., Poesen J. & Muys B., 2011, More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *J. Arid Environ.* 75, 2, 201-205.
21. Tappan G.G., Sall M., Wood E.C. & Cushing M., 2004, Ecoregions and land cover trends in Senegal. *J. Arid Environ.* 59, 3, 427-463.
22. Trabucco A., Achten W., Bowe C., Aerts R., Van Orshoven J., Norgrove L. & Muys B., 2010, Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biol. Bioenergy*, 2, 3, 139-151.
23. van Peer A., 2009, Personnel communication.
24. Wahl N., Jamnadass R., Baur H., Munster C. & Iiyama M., 2009, Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania – Assessing farmers "prospects via cost-benefit analysis. ICRAF Working Paper n° 97. World Agroforestry Centre. Nairobi. Kenya. 71 p.
25. Wu Y.K., Ou G.T., Yu J.Y., 2011, First report of *Nectria haematococca* causing root rot disease of physic nut (*Jatropha curcas*) in China. *Australas. Plant Dis. Notes*, 6, 39-42.
26. Xanthoulis D., 2009, Unité d'Hydrologie et d'Hydraulique agricole. Gembloux Agro Bio-Tech (ULg). Communication personnelle.

M. Terren, Belgian, PhD student, Department of Tropical Plant Husbandry and Horticulture, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech (Belgium).

S. Savery, Belgian, CEO and Chairman, Durabilis NV, Gent (Belgium).

P. Jacquet de Haveskercke, Belgian, CEO and Director, Durabilis NV, Gent (Belgium).

S. Winandy, Belgian, Master in Agricultural Bioengineering, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech (Belgium).

G. Mergeai, Belgian, Professor at the Department of Tropical Plant Husbandry and Horticulture, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech (Belgium).

# Interactions entre la variabilité des écotypes de l'oignon (*Allium cepa* L.) et les facteurs agro-climatiques au Niger

Habsatou Boukary<sup>1\*</sup>, A. Roumba<sup>2</sup>, T. Adam<sup>3</sup>, M. Barage<sup>4</sup> & M. Saadou<sup>4</sup>

Keywords: Onion- Collection- Ecotype- Variability- Environment- Niger

## Résumé

*L'oignon est la première culture maraîchère au Niger. La production annuelle est estimée à près de 561.000 tonnes, classant le Niger au deuxième rang des producteurs ouest-africains derrière le Nigeria. Une collecte portant sur des cultivars locaux d'oignon du Niger réalisée en 2008 a été suivie d'une étude de leur interaction avec les facteurs agro-climatiques du Niger. Les méthodes classiques de collecte de matériel végétal (localisation des sites de collecte sur la carte, identification et description des échantillons, historique des écotypes, conditions culturales, etc..) ont été utilisées. L'aspect variétal vis-à-vis des facteurs agro-climatiques des différentes zones de collecte a été mis en évidence. Le travail a permis de réunir 21 écotypes locaux d'oignon comprenant le Violet de Galmi répartis sur toute la zone de collecte. Il a également permis de montrer que certaines caractéristiques variétales comme la couleur des bulbes, le cycle sont liées aux différences agro-climatiques et géomorphologiques des sites de collecte tandis que d'autres se révèlent indifférentes.*

## Summary

### Interaction between Onion Ecotypes Variability and Agroclimatic Factors in Niger

*The onion is the most important vegetable crop grown in Niger. Annual production is estimated at 561,000 tons, ranking the country at the second place of onion producers of the West Africa behind Nigeria. A collection of local cultivars of onion of Niger was conducted in 2008. This survey was followed by a study of their interaction with the agro-climatic factors. Conventional methods of collection of plant material (mentioning of the location of collection sites on the map, identification and description of samples, history of ecotypes, growing conditions, etc.) were used. The varietal aspect of different collection was highlighted. Twenty-one local ecotypes including the «Violet de Galmi» were collected. The results also revealed interaction between some varietal characteristics such as bulb color, life cycle and agro-climatic and geomorphological factors of the collection sites.*

## Introduction

Au Niger, la culture d'oignon se pratique essentiellement en saison sèche sous irrigation. L'oignon est cultivé dans toutes les régions du Niger. Eu égard à son importance, cette culture a suscité beaucoup d'intérêts aux lendemains des indépendances en 1960. L'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), en collaboration avec l'Institut Français de Recherches en Agronomie Tropicale (IRAT), a entrepris, dans les années 1970-1974, une série de collecte d'écotypes locaux du Niger dans les régions du fleuve, le long de la Maggia au Nord et dans la vallée du Goulbi de Maradi (5). Ces travaux ont permis la sélection de deux types hâtifs de la Maggia («oignon de Galmi» et «oignon de Madaoua»), tant pour leur productivité que pour leur aptitude à la conservation. En 2002, l'INRAN a entrepris une série de collecte dans toutes les régions du Niger. Les écotypes ainsi collectés ont été

caractérisés au plan morphologique en station. Aucune des évaluations faites sur le matériel collecté à ce jour n'a porté sur l'interaction entre variabilité des écotypes et l'environnement. C'est ce qui explique qu'en 2008, en collaboration avec AVRDC (Centre Asiatique de Recherche et de Développement Maraîchère appelé aujourd'hui Centre Mondial de Légumes), l'INRAN a entrepris de collecter, dans toutes les régions du Niger, les variétés dites locales pour étudier le rôle éventuel des facteurs de l'environnement sur leur distribution spatiale et leur variabilité morphologique.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1 Collecte du matériel génétique

La collecte a eu lieu dans 14 localités réparties dans les 5 des 8 régions du Niger. Elle a été faite dans les grandes zones de production comme Tahoua ainsi que dans d'autres zones de production dispersée

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agricole du Niger (INRAN), B.P. 429, Niamey, Niger.

<sup>2</sup>Vegetable Breeder, AVRDC - The World Vegetable Center Subregional Office for West and Central Africa, BP 320, Bamako, Mali & Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA), B.P. 8645, Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup>Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, B.P. 10960, Niamey, Niger.

<sup>4</sup>Université de Maradi et Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni, B.P. 10662, Niamey, Niger.

Adresses du correspondant: [bhamsatou@yahoo.fr](mailto:bhamsatou@yahoo.fr), Tel: +227-94728514/96981851

Reçu le 04.07.12 et accepté pour publication le 20.09.12.

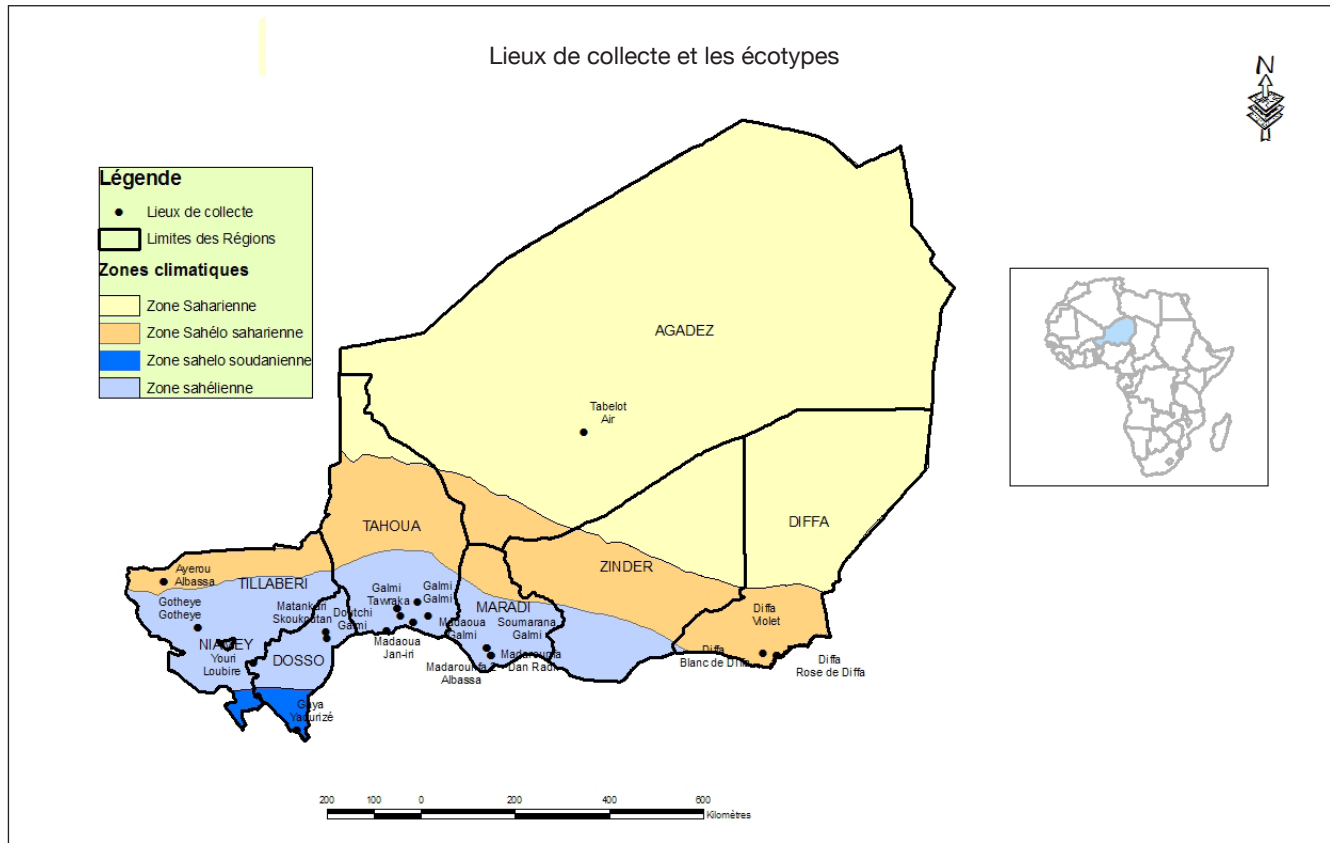


Figure 1: Zones agro-climatiques (AGRYMET, 2008) et zones de collecte (●).

(dans les jardins, au bord du fleuve, ou au niveau des Aménagements Hydro-Agricoles) de Diffa, Maradi, Tillabéry, Dosso (Figure 1).

Le matériel utilisé pour cette collecte est constitué de sacs en toile pour le transport des bulbes et semences collectées, des ficelles et ciseaux pour couper les fils et attacher les sacs. Pour prendre les coordonnées géographiques, un GSP géo référentiel a été utilisé. Afin de réunir le maximum d'informations auprès des producteurs et mieux guider les entretiens sur les écotypes, une fiche de collecte a été établie dans laquelle sont indiqués les renseignements généraux, la localisation du lieu de collecte, l'environnement humain, la description de la plante (couleur et forme du bulbe, cycle, goût, durée de conservation), les conditions de culture. Il a été aussi demandé aux producteurs leur préférence de l'écotype par rapport aux autres variétés qu'ils cultivent.

L'oignon a été collecté soit au champ, soit dans les oasis, soit au marché, soit enfin au niveau des organisations paysannes. Le matériel collecté est constitué soit de bulbes soit de graines selon la disponibilité du matériel trouvé sur le lieu de collecte. Les bulbes ou graines sont ensuite mis dans des sacs en toiles, attachés avec une ficelle et étiquetés. Les sacs sont ensuite transportés avec la plus grande attention jusqu'au lieu de conservation. Les bulbes ont été conservés au laboratoire sur des clayettes et les graines ont été transférées dans de petits sachets

en toiles et conservés aussi au laboratoire.

## 1.2 Analyse des unités géomorphologiques

Au Niger, sur la base des précipitations, quatre zones agro-climatiques sont décrites: i) la zone sahélo-soudanaise qui reçoit 600 à 800 mm de pluie par an; ii) la zone sahélienne avec 350 à 600 mm; iii) la zone sahélo-saharienne qui enregistre 150 à 300 mm et iv) la zone saharienne avec moins de 150 mm, exception faite pour l'Air qui enregistre environ 200 mm par an (6).

Les coordonnées géographiques à savoir la longitude et la latitude ont été analysées à l'aide du logiciel SYSTAT 9.0, ce qui a permis de connaître les sept unités géomorphologiques dans lesquelles sont situés les lieux de collecte des écotypes et les différents types de sols et leur niveau de fertilité. L'analyse en composante principale (ACP) a été faite à l'aide du logiciel SPSS.

## 2. Résultats

### 2.1 Matériel collecté et ses caractéristiques

Vingt-et-un écotypes locaux ont été collectés dans 5 des 8 régions du Niger. Plusieurs d'entre eux sont spécifiques aux zones de collecte. Tous les écotypes collectés (Tableau 1) portent des noms locaux.

#### \* Distribution

Des 8 régions du Niger, seules 5 présentent des écotypes dits locaux. Il s'agit de la région de Tahoua

**Tableau 1**  
**Caractéristiques des écotypes, coordonnées géographiques et niveau de fertilité dans les sites de collecte**

Nom local	Lieu de collecte		Coordonnées géographiques des sites				Caractéristiques des écotypes				Géomorphologie		Aptitude de sol
	Ville / village		Longitude Est (°)	Latitude Nord (°)	Altitude (m)	Couleur	Forme	Cycle (jours)	Durée conservation (jours)	Gout	Préférence		
Albassa	Ayerou		0,9000	14,7200	220	v	aplatie	150	180	1	10	GAV	Très fertile
Albassa (Galmi)	Ayerou		0,9000	14,7200	220	v	aplatie	150	180	3	10	GAV	Très fertile
Gothey	Gothey		1,56694	13,8500	208	b	aplatie	150	180	3	10	GAm	Fertile
Youri	Loubirè		2,6236	13,1755	215	r	allongée	150	150	3	10	A	Très fertile
Soukougoutan	Matankari		4,0107	13,7700	269	b	aplatie	150	150	1	10	B	Fertile
Tassa Galmi	Guidan Idder		4,0291	13,6396	270	v	aplatie	150	150	1	10	PVS	Peu fertile
Albassa	Guidan Idder		5,1592	13,7800	360	v	allongée	150	150	1	10	PVS	Peu fertile
Kankarè	Guidan Idder		5,3742	13,6396	308	v	allongée	150	150	1	10	PVS	Peu fertile
Tawraka	Guidan Magagi		5,1592	13,7800	360	v	arrondie	180	210	2	10	DAC	Très fertile
Tawraka /Albassa	Galmi		5,3742	14,2163	308	v	aplatie	150	180	1	10	DAC	Très fertile
Jan-iri	Sabon-Guida		5,7542	14,3383	272	r	aplatie	150	150	1	10	DAC	Très fertile
Albassa Madarounfa	Madarounfa		5,6681	13,3040	323	v	aplatie	180	150	1	10	PA	Fertile
Dan Radi	Madarounfa		5,6681	13,3040	323	v	aplatie	180	150	2	10	PA	Fertile
Ja Albassa	Soumarana		5,4297	14,0700	308	r	aplatie	150	180	3	10	PA	Fertile
Fara Albassa	Soumarana		5,9513	14,0740	308	b	aplatie	150	150	0	10	PA	Fertile
Yaouri izé	Gaya		7,1584	13,3041	368	r	ronde	150	150	2	5	DAC	Très fertile
Galmi	Gaya		7,1584	13,3041	368	v	ronde	150	150	1	5	DAC	Très fertile
Violet de Galmi	Diffa		7,1584	13,3041	368	v	ronde	150	150	0	5	A	Très fertile
Rose de Diffa	Diffa		7,0891	13,4500	308	rs	ronde	180	150	0	5	A	Très fertile
Rouge de Gaidam	Diffa		7,0891	13,4500	308	v	ronde	150	150	0	5	A	Très fertile
Blanc de Diffa	Diffa		7,0891	13,4500	308	v	aplatie	150	150	0	5	A	Très fertile

Légende: Couleur : r= rose; v= violet; b= blanc. Echelle de notation du goût/ 0= peu piquant, 1= moins piquant, 2= piquant et 3= très piquant. Préférence: 5= une autre variété est aussi appréciée que l'écotype; 10= les producteurs préfèrent leurs écotypes par rapport aux autres.

Géomorphologie: GAm: glaciis amon; B: Bas-fonds; PA: plaine alluviale; PVS: Plateau voilé sableux; A: Alluvion; DAC: Dépression alluvio-colluvial; GAV: Glacis aval.

qui est la plus grande zone de production d'oignon avec 6 écotypes, de Diffa, Maradi et Tillabéry avec respectivement 4 écotypes et Dosso, 3 écotypes. Les régions de Zinder et Niamey ne présentent aucun écototype dit local (Figure 1). La collecte a eu lieu dans 14 localités réparties dans les 5 régions.

#### \* **Couleur**

Quatre couleurs de bulbe ont été relevées: rose, violet, blanc et rouge. Les couleurs dominantes sont le violet des écotypes Albassa Ayérou, Albassa Guidan Idder, Tassa Galmi, Kankaré, Tawraka Galmi, Albassa Galmi, Albassa Madarounfa, Dan Radi Madarounfa, violet de Galmi, de Gaya, violet de Galmi Diffa, Tawraka, Guidan Magagi et Youri. Le blanc observé chez les écotypes Blanc de Gotheye, Soukougoutan, Fara albassa et le rouge des écotypes Yaouri Izé, Ja Albassa, Rouge de Gaidam, Jan Iri et Ja Albassa. Le rose chez la Rose de Diffa (Tableau 1).

#### \* **Dénomination locale**

Les noms attribués à ces écotypes sont des noms des villages où ils sont cultivés: on peut citer Galmi, Gotheye, Soukougoutan, Diffa, Youri. Ces écotypes portent aussi le nom en langue locale de l'oignon. *Albassa* veut dire « Oignon » en haoussa. Certaines appellations sont liées aux couleurs comme *Jan iri*, *Ja albassa* qui signifient oignon rouge en haoussa; *Fara albassa* veut dire oignon blanc. Les caractéristiques observées varient selon les régions. On peut citer la couleur et la forme des bulbes, le goût, la durée de

conservation et le cycle. Il faut noter que parmi ces entrées considérées comme locales, il existe la variété *Violet de Galmi* que les producteurs considèrent comme locale, car par influence du milieu ou des techniques de production, il y a eu changement de certains des caractères surtout la couleur, la forme des bulbes ou le goût. Le changement pourrait aussi être lié aux caractéristiques agro-écologiques des régions, qui sont la plupart les types de sol et le climat.

#### \* **Durée de conservation**

Tous les écotypes, et ceci dans toutes les localités, se conservent dans des abris traditionnels appelés «*Roudou*» ou «*Adada*» pour les bulbes pour une durée comprise entre 5 et 6 mois sauf à Guidan Magagi (Tahoua) où l'écotype Tawraka se conserve jusqu'à 7 mois.

Les semences sont conservées 6 à 7 mois dans des canaris ou dans des boîtes.

#### \* **Cycle**

Des 21 écotypes, trois à savoir Rose de Diffa, Tawraka, Albassa Madarounfa et Dan Radi ont un cycle de 180 jours et les dix-sept autres arrivent à maturité à 150 jours.

#### \* **Position géographique**

Les lieux de collectes se situent entre 200 à 400 m d'altitude, une latitude entre 13 et 14 degrés et une longitude comprise entre 0,9 et 7 degrés.

Ils sont répartis dans sept unités géomorphologiques qui sont: les alluvions, les bas-fonds, les dépressions

**Tableau 2**  
**Lieux de collectes et types de sols**

Lieux de collecte <sup>1</sup>	Types de sols	Écotypes	Zones agro climatiques
Gaya	Rouge limoneux sableux profond dunaires anciens érodés dégradés	Yaourizé Violet de Galmi	Sahélo soudanienne 600-800 mm de pluies /an
Soumarana	Rouge limoneux sableux profond Sableux de plaines alluviales	Ja Albassa Fara Albassa	
Matankari	Dunaires anciens Sableux de plaines alluviales	Soukougoutan	
Madarounfa	Dunaires anciens	Albassa Dan Radi Tawraka	Sahélienne 350-600 mm
Guidan -Magagi	Squelettiques gravionnaires	Jan Iri	
Sabon -Guida	Rouges limoneux sableux à cuirasse	Albassa Kankaré Albassa'Galmi	
Guidan -Idder	Sableux de plaines alluviales	Tawraka	
Galmi	Sableux de plaines alluviales	Gotheye	
Gotheye	Alcalisés/dunaires anciens /érodés dégradés	Youri	
Loubiré	Rouges limoneux sableux		
Diffa	Très argileux noir de dépressions argileux à horizon imperméable de mares ou de bas fonds	Violet de Galmi Rose de Diffa Blanc de Diffa Violet de Monguna	Sahélo saharienne 150- 350 mm
Ayérou	Argileux à horizon imperméable de mares ou de bas -fonds	Ayérou Albassa / violet	

alluvio-colluviales, les plaines alluviales qui sont en général fertiles, les glacis (en amont et en aval sableux) et les plateaux voilés sableux qui sont peu fertiles (Tableau 1).

## 2.2 Caractéristiques agro climatiques des sites de collecte

L'oignon se cultive dans toutes les régions du pays sous irrigation dans les champs, autour des mares et dans les oasis, le long du fleuve Niger ou dans le lit du Goulbi de Maradi et dans les jardins privés. Ces régions du Niger où la collecte a eu lieu n'ont évidemment pas les mêmes caractéristiques agro climatiques.

On note sur la figure 1 que le nombre de sites de collecte est beaucoup plus important dans la zone sahéenne: ceci s'expliquerait par le fait que c'est dans cette zone que les activités de maraîchage sont importantes et où la culture de l'oignon est pratiquée dans les champs, autour des points d'eau et dans des jardins et surtout dans la Maggia (cours d'eau fossile de la région de Tahoua).

Les zones de collecte présentent différents types de sols répartis dans les différentes zones agro climatiques (Tableau 2).

## 2.3. Interactions variabilité des écotypes et caractéristiques agro climatiques

En dehors de Gaya, qui se situe dans la zone sahélo-soudanaise, et Diffa et Ayérou dans la zone sahélo-sahélienne, tous les lieux de collecte sont dans la zone sahéenne (Tableau 2). On constate que tous les écotypes de couleur rouge (Yaouri Izé, de Gaya et Jan Iri de Sabonguida, Ja Albassa de Soumarana, et Youri de Loubiré) sont cultivés sur des sols de types rouges limoneux sableux profonds ou à cuirasse. Les écotypes de couleur blanche (Fara Albassa de Soumarana), Soukougoutan et de Matankari sont cultivés sur des sols sableux de plaines alluviales. Les écotypes de couleur violette et la rose de Diffa sont retrouvés dans toutes les zones sur plusieurs types de sols qui sont des sols dunaires anciens, des sols squelettiques gravillonnaires, des sols argileux et très argileux noirs de dépression, des sols alcalisés ou des sols érodés dégradés. Ainsi, il apparaît que la couleur des bulbes peut être liée aux types de sol sur lesquels l'oignon est cultivé. Toutefois, d'autres facteurs peuvent aussi influencer la culture selon les sites de collecte comme la texture du sol, le niveau de dégradation des sols

de cultures suite à l'utilisation des engrais acides, l'érosion hydrique et éolienne, etc... La fertilité du sol varie d'un site à l'autre selon sa position dans les différentes unités géomorphologiques. Les sols sont plus fertiles dans les alluvions, les glacis, les dépressions, et moins fertiles sur les plateaux sableux (Tableau 1). De même, le goût et la couleur des bulbes dans ces sites peuvent aussi être liés à ces différents facteurs.

L'analyse statistique des données par l'Analyse en Composante Principale (ACP) a montré qu'il y a une corrélation entre la géomorphologie et l'aptitude du sol ( $r= 0,628$ ), d'une part, et entre la couleur du bulbe et la géomorphologie ( $r= 0,646$ ), d'autre part (Tableau 3). Dans cette analyse, certaines variables telle que la forme de bulbe, le cycle, la durée de conservation n'ont pas été prises en compte car elles contribuent peu.

Le graphique des valeurs propres présente deux valeurs propres associées aux facteurs. Au premier facteur qui est la géomorphologie, la valeur associée est de 2,362 soit 59% d'information. Le facteur 2 qui est l'aptitude du sol est moins informatif (valeur associée de 1,159 soit 29% d'information).

Comme l'indique le diagramme des composantes (Figure 2), la corrélation est significative et positive entre la géomorphologie et la couleur des bulbes et significative et négative entre l'aptitude du sol et les deux premiers facteurs.

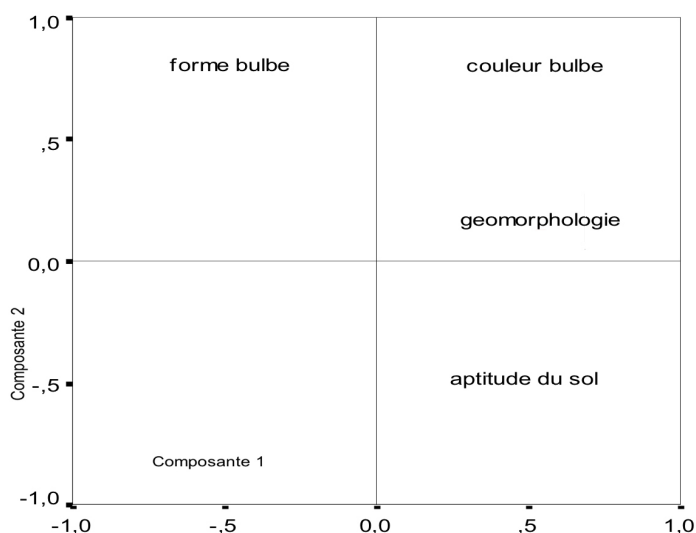


Figure 2: Diagramme des composantes.

Tableau 3  
Matrice de corrélation

		Géomorphologie	Aptitude du sol	Couleur du bulbe	Forme du bulbe
Corrélation	Géomorphologie	1,000	0,628	0,646	-0,296
	Aptitude du sol	0,628	1,000	0,351	-0,706
	Couleur bulbe	0,646	0,351	1,000	0,000
	Forme bulbe	-0,296	-0,706	0,000	1,000

### 3. Discussion

La collecte des données de 2008 a porté sur les cultivars locaux du Niger. En plus des caractéristiques agro-morphologiques, cette collecte a été suivie d'une étude de leur interaction avec les facteurs agro-climatiques du Niger.

Les résultats de l'analyse expliquent bien les couleurs des bulbes retrouvées dans le tableau 1. Ainsi, selon la couleur, on distingue trois groupes d'écotypes répartis dans les différentes zones de culture: i) les écotypes de couleur rouge retrouvés sur des sols rouges limoneux sableux; ii) les écotypes de couleur blanche sur les sols sableux des plaines alluviales; et iii) les écotypes de couleur violette et rose qui sont retrouvés dans les différentes zones agro-climatiques sur plusieurs types de sol.

C'est le cas du violet de Galmi qui se classe dans le troisième groupe et qui depuis les années 1960, a pu se propager, à travers les compagnies de distribution de semences et les institutions gouvernementales. Aujourd'hui, cette variété est la plus cultivée au Niger et dans la région Ouest africaine à partir d'introduction de son pays d'origine (7). Ainsi, la couleur des bulbes, le plus souvent attribuée au génome, pourrait être alors liée à une géomorphologie avec influence des sols sur lesquels les oignons sont cultivés. Ces derniers peuvent aussi s'adapter au climat, aux techniques culturales locales et aux habitudes alimentaires des différentes localités, et l'oignon pourra prendre de nombreuses formes, tailles, goûts et couleurs selon les régions.

En Afrique de l'Ouest, plusieurs missions de collecte d'oignon ont été effectuées dans 11 pays et 38 écotypes ont été réunis (7, 8, 10) dont leurs caractéristiques à la collecte n'ont pas été étudiées. Plus tard, des écotypes ont fait l'objet d'une évaluation basée sur les alloenzymes en France et sur les caractères agro-morphologiques au Burkina Faso (10). Cette étude a montré qu'il existe une variabilité entre les populations, variabilité due aux échanges de semences entre les pays et la proximité des champs de production de semences l'un de l'autre.

Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Bakasso (3) au Niger sur des écotypes d'oseille de Guinée évalués dans deux zones agro-climatiques différentes avec des sols différents. Les études ont montré qu'il y avait une influence importante de

l'environnement sur la culture. La variabilité observée sur les différents caractères était attribuée pour une large part à la nature du sol et aux conditions climatiques. Cette interaction a aussi été observée lors de l'étude de la diversité génétique des variétés de sorgho collectées au Niger. Deu *et al.* (4) ont montré que la variabilité, non seulement est liée aux aspects botaniques, mais aussi aux groupes ethniques et à la position géographique du site de collecte. C'est le cas du palmier dattier au Sénégal qui s'adapte aux conditions agro-climatiques des oasis où il est cultivé (1). La variabilité génétique des variétés locales péruviennes de pois d'angol, observée par Ana (2), est liée à l'habitude des producteurs, à la production de semences ou aux pratiques culturales.

### 4. Conclusion

La collecte a été faite dans différentes unités géomorphologiques sur différents types de sols. Les écotypes collectés présentent des caractéristiques différentes. Ils sont cultivés sur des sols différents appartenant à différentes unités géomorphologiques. Les oignons de couleur rouge se trouvent dans des régions où des sols sont de types rouges limoneux sableux profond ou à cuirasse et ceux de couleur blanche sur les sols sableux de plaines alluviales. Les autres couleurs s'adaptent à toutes les régions. Les résultats de ces analyses indiquent non seulement que l'environnement doit être pris en compte dans le programme d'amélioration de la culture d'oignon (*Allium cepa* L.), mais aussi permettront aux producteurs la meilleure utilisation de leurs écotypes. Leur caractérisation agronomique est nécessaire pour l'amélioration variétale et l'utilisation de l'oignon au Niger.

### Remerciements

Les auteurs remercient AVRDC pour son appui financier. Ils remercient également M. A. Garba (INRAN) et M. D. Soumana (AGRHMET) pour les analyses agro-climatiques; Dr A. Haougui et Dr I. Mossi Maiga (INRAN) pour leur contribution à l'analyse statistique des données. Les auteurs sont reconnaissants au Professeur A. Mahamane et au Dr A. Oumani (Université de Maradi) pour l'appui à l'analyse statistique des données.

### Références bibliographiques

1. Amy B., 2006, Analyse de la diversité génétique de six cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) mauritaniens à l'aide des marqueurs microsatellites. Mémoire de fin d'étude Université de Thiès, Sénégal.
2. Ana M.B.S., 2009, Caractérisation agro-morphologique et moléculaire d'une collection des écotypes péruviens de Pois d'angol (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) pour l'analyse de sa diversité. Thèse de Doctorat, Belgique, 244 p.
3. Bakasso Y., 2010, Ressources génétiques des Roselles (*Hibiscus sabdarifa* L.) au Niger: évaluation agro-morphologique et génétique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 139 p.
4. Deu M., Sagnard F., Chantereau J., Calatayud C., Herault D., Mariac C., Pham J.L., Vigouroux Y., Kaplan I., Traoré P.S., Mamadou A., Gérard B., Ndjeunga J. & Besançon G. 2008, Niger-wide assessment of *in situ* sorghum genetic diversity with microsatellite markers, *Theor. Appl. Genet.* 116, 903-913
5. Nabos J., 1976, L'amélioration de l'oignon (*Allium cepa* L.) au Niger. *Agronomie Tropicale*, 31, 4, 387-397.
6. Rouamba A. & Lesly C., 1998, Collection of shirt day onion germplasm in West Africa: a survey. *Genetic Resources and Crops Evolution*, 45, 81-85.



- 
7. Rouamba A. & Lesly C., 2005, Review: Onions in West Africa: state of research and future prospect. *Tropical science*, 45, 131-140
  8. Rouamba A. & Ricoch A., 1996, Cartographie des *Allium cepa* L. en Afrique de l'Ouest. *Science et Technologies*, 22, 27-37.
  9. Rouamba A., Ricoch A. & Sarr A., 1993, Collecting onion germplasm in West Africa. *FAO/IPGRI Plant Genetic Resources-Newsletter*, 94, 15-17.
  10. Rouamba A, 1993. Analyse conjointe par les marqueurs agro morphologiques et les allozymes de la diversité génétique de populations d'oignon (*Allium cepa* L.) d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Université de Paris 06, Paris, France, 135 p.
- 

Habsatou Boukary, Nigérienne, DEA de Génétique et Amélioration des plantes, Ingénieur Agronome, Sélection variétale cultures maraichères, Doctorante à l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Institut National de la Recherche Agricole du Niger (INRAN), BP. 429, Niamey, Niger.

A. Rouamba, Burkinabè, Doctorat en Ressources Génétiques et Amélioration des Plantes, Université Paris 6, Maître de recherches. Adresse actuelle: Vegetable Breeder, AVRDC, The World Vegetable Center Subregional Office for West and Central Africa, BP 320, Bamako, Mali.

T. Adam, Nigérien, Docteur-ès-Sciences Naturelles (Docteur d'Etat), Ingénieur Agronome, Phytopathologiste, Maître de Conférences, Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, BP. 10960, Niamey, Niger.

M. Barage, Nigérien, Doctorat d'Université, Valence, Espagne. Ingénieur Agronome, Biotechnologies végétales et Amélioration des plantes, Maître de Conférences, Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, BP. 10960, Niamey, Niger.

M. Saadou, Nigérien, Doctorat d'Etat, Professeur titulaire en Botanique, Recteur de l'Université de Maradi, BP465, Maradi, Niger.

# Agromorphological and Phenological Variability of 10 Bambara Groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] landraces cultivated in the Ivory Coast

Y. Touré<sup>1</sup>, M. Koné<sup>1</sup>, H. Kouakou Tanoh<sup>1</sup> & D. Koné<sup>2</sup>

Keywords: Bambara groundnut - *Vigna subterranea* - Landrace - Variability - Agromorphological - Phenological - Ivory Coast

## Summary

The objective of this study was to investigate the agro-morphological and phenological characteristics of ten Bambara groundnut landraces that originated in the Ivory Coast. The study was conducted on an experimental plot at the University of Abobo-Adjame. The trial was set up according to a randomized complete block design with five replications. Twenty variables were used to identify the landraces. Landraces Ci1, Ci3, Ci10 and Ci12 exhibited high emergence percentages, early maturity within 90 DAS (days after sowing) and low vegetative/floral development. A high seed yield (388 to 495 kg/ha) was also obtained from these landraces. In contrast, a low seedling emergence rate, high vegetative development and yield (80 kg/ha) could be observed with landrace Ci9. This landrace reached maturity within 180 DAS. Landraces Ci2, Ci4, Ci5, and Ci8, on the other hand, reached maturity between 120-150 DAS. The principal component analysis conducted on the data obtained showed that the landraces with a high seed yield were early in terms of flowering and maturity, but presented low vegetative development, with limited foliage, secondary roots, leaf area and biomass. The physiological and agronomical traits presented by landraces that originated in the Ivory Coast could be exploited in Bambara groundnut varietal improvement programmes.

## Résumé

### Variabilités agromorphologique et phénologique de 10 écotypes de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] cultivés en Côte d'Ivoire

Une étude a été réalisée sur la parcelle expérimentale de l'Université d'Abobo-Adjame afin d'estimer les caractéristiques agromorphologique et phénologique de dix écotypes ivoiriens de voandzou. Le dispositif en blocs de Fisher complètement aléatoire avec cinq répétitions a été adopté. Les résultats ont montré que vingt variables sont liées entre elles et permettent de discriminer les écotypes de voandzou. Avec les écotypes Ci1, Ci3, Ci7, Ci10 et Ci12, le taux d'émergence a été élevé, le cycle de culture réduit (90 jours), la croissance et la floraison ont été limitées. Un rendement élevé en graines (388 à 495 kg/ha) a aussi été obtenu avec ces écotypes. L'écotype Ci9 a exprimé un faible taux d'émergence des plantules, un développement végétatif important et une faible productivité en graines (80 kg/ha). Cet écotype a atteint la maturité 180 jours après semis. Les écotypes Ci2, Ci4 et Ci5 d'une part et Ci8 d'autre part, ont respectivement atteint leur maturité, 120 et 150 jours après semis. L'analyse en composantes principales a montré que les écotypes ayant un rendement élevé sont précoces. Mais, le nombre de feuilles et racines secondaires, la surface foliaire et la biomasse restent faibles. La variabilité exprimée entre les écotypes ivoiriens peut être exploitée dans les programmes d'amélioration variétale du voandzou.

## Introduction

Agricultural policy in developing countries focuses mainly on cash crops. This choice has not significantly improved the population's food situation. However, it has encouraged growers to abandon many local crops, which have declined as a result. Because of their nutritional quality, these crops could have played a major role in providing a balanced diet for an ever-increasing human population, but have been under-exploited. Their yields have therefore remained low and unstable.

In West Africa, Bambara groundnut is mainly cultivated by women, together with maize, millet or groundnut (1, 7). The proteins found in its seeds have high lysine content and combining them with cereals as part of the diet represents a beneficial nutritional supplement for many local populations (14). The flour obtained from its seeds could provide a viable substitute for "conventional" flours in the composition of various manufactured products (2). The popularisation of Bambara groundnut cultivation and increasing its

<sup>1</sup>University of Abobo-Adjame, Faculty of Natural Sciences, Biology and Crop Improvement Laboratory, 02 BP 801, Abidjan 02, Ivory Coast.

<sup>2</sup>University of Cocody-Abidjan, Faculty of Biosciences, Plant Physiology Laboratory, 22 BP 528, Abidjan 22, Ivory Coast.

\*Corresponding author: [toureyaya12@yahoo.fr](mailto:toureyaya12@yahoo.fr)

Received on 18.02.11 and accepted for publication on 03.05.12.

production could provide farmers with a substantial income and contribute to food safety in Africa (15).

Over the last few decades, the scientific community has shown renewed interest in this neglected and under-used crop. From 1992 - 2006, three major research projects funded by the European Union were implemented by the Universities of Nottingham and Wageningen, in cooperation with various countries, including Botswana, Namibia, Malawi, Tanzania and Sierra Leone.

Despite the increasing number of scientific reports on Bambara groundnut in Africa (3, 15, 17) very little bibliographical data is currently available on the distribution, genetic diversity, cultivation method and uses of this plant in the Ivory Coast. A number of preliminary studies (4, 5, 11) have been conducted in this country. However, the collection analysed was limited to four landraces. Morphological characterisation represents the first stage of the investigation of a collection of genetic resources (16). For many species, this approach remains the most frequently used. In addition, the objective of this study is to evaluate the growth, development, duration of phenological stages and factors in the yield produced by Bambara groundnut landraces cultivated in the Ivory Coast.

## Materials and methods

This study was conducted on an experimental plot at the University of Abobo-Adjame (5°23 N and 4°11 W) in the south of the Ivory Coast. Ten landraces of Bambara groundnut, which originated in the Ivory Coast, were used for the study (Table 1). These landraces were collected between January-March

2006. A randomized complete block design with five replications was adopted for this study. The surface area of each elementary plot was 9.375 m<sup>2</sup>, divided into 5 ridges separated by a gap of 50 cm.

Fourteen seeds were sown per ridge at a depth of 5 cm. The distance between the sowing spots was 30 cm. Various agro-morphological parameters were evaluated, based on the list of Bambara groundnut descriptors (8), at the emergence, growth, flowering, fructification and harvest stages.

All the values obtained were subjected to a variance analysis. This analysis was followed by the Newman-Keuls Test, if the value for statistic F was significant with a threshold of 5%. Finally, a principal component analysis was conducted. All the data was analysed using XL STAT-Pro 7.1. software.

## Results and discussion

The germination capacity and vigour of seedlings of the different landraces were evaluated by estimating the emergence percentage (EP) and mean emergence time (MET). During this study, the first day of seedling's emergence was observed between 6 – 15 days after sowing (DAS). The appearance of seedlings was observed at 6 DAS in landraces Ci1, Ci2, Ci3, Ci4, Ci10 and Ci12 and at 7 DAS in landraces Ci5, Ci7, Ci8 and Ci9. The difference in emergence times may indicate intra-landrace variability. This same difference in seedling emergence times has already been highlighted by various authors (4, 12). Contrary to these results, the emergence of Bambara groundnut seedlings was observed at 14-24 DAS by Karikari (9). Within the same line, means followed by the same letters are not significantly different according to

**Table 1**  
**Areas of origin and main characteristics of ten native Bambara groundnut landraces from the Ivory Coast**

Landrace	Area of origin	Characteristics	
		Colour	Shape
Ci1	Salamvogo (Ouangolodougou)	Cream testa	Small
Ci2	Korhogo	Cream testa with red spots	Medium-sized
Ci3	Salamvogo (Ouangolodougou)	Black and grey mottles on cream background	Big
Ci4	Korhogo	Black	Small
Ci5	Odiene	Dark red testa	Big
Ci7	Ouangolodougou	Purple testa with dark purple spots	Big and Elongated
Ci8	Bouake	Cream testa with black spots	Small
Ci9	Manfla	Black rhomboid spots on cream background	Big
Ci10	Sinematiale	Black rhomboid spots on cream background	Small
Ci12	Sinematiale	Red and grey mottles on cream background	Small

**Table 2**  
**Evaluation of emergence, growth, flowering and fructification parameters for ten Bambara groundnut landraces**

Parameters	Landraces									
	Ci1	Ci2	Ci3	Ci4	Ci5	Ci7	Ci8	Ci9	Ci10	Ci12
<i>Emergence</i>										
EP (%)	91.14 a	87.71 ab	77.71 c	91.14 a	79.71 bc	82.28 abc	83.71abc	61.45 d	88.85 ab	88.00 ab
MET (d)	7.22 d	7.82 c	7.98 c	7.99 c	8.21 bc	8.51 b	7.87 c	9.88 a	7.31 d	7.28 d
<i>Growth</i>										
HP (cm)	15.58 cd	19.29 b	14.41 d	24.03 a	20 b	18.59 b	19.87 b	16.73 c	15.75 cd	15.86 cd
NF	44.64 e	91.28 d	37.64 e	130.22 b	111.06 c	47.22 e	99.19 cd	172.28 a	40.20 e	34.20 e
ADB (g)	10.21 d	21.79 c	9.23 d	30.23 b	21.14 c	18.30 c	26.81 b	43.79 a	9.66 d	8.17 d
LA (cm <sup>2</sup> )	11.24 e	11.33 e	11.62 e	15.50 d	17.02 c	24.52 a	21.34 b	20.63 b	10.13 ef	9.49 f
RL (cm)	32.99 b	35.66 b	33.55 ab	37.40 ab	34.94 ab	35.10 ab	36.34 ab	38.96 a	32.62 b	36.03 ab
NSR	25.56 b	28.14 b	24.97 b	27.40 b	29.10 b	33.77 a	34.8 a	35.18 a	22.56 b	26.64 b
NN	4.74 a	5.51 a	6.52 a	3.32 a	3.44 a	3.49 a	3.61 a	5.43 a	5.30 a	4.95 a
EDB (g)	0.45 e	0.68 cd	0.40 e	0.64 d	0.75 c	0.62 d	0.90 b	1.13 a	0.38 e	0.37 e
PFE	62.50 e	87.18 d	39.32 f	142.66 a	97.12 cd	51.32 ef	106.88 bc	112.48 b	43.3 f	50.32 ef
<i>Phenology</i>										
DFF (j)	28.58 a	30.34 a	28.98 a	28.28 a	29.54 a	28.82 a	29.26 a	40.46 b	28.02 a	28.02 a
D50%F (j)	38.88 f	52.05 d	39.34 f	54.43 cd	59.55 b	43.04 e	56.85 c	70.43 a	39.02 f	38.06 f
DPF (j)	44.86 c	52.94 b	44.38 c	47.04 c	51.55 b	47.58 c	51.06 b	67.75 a	44.36 c	43.58 c
DPM (j)	87.92 d	117.52 c	91.33 d	114.49 c	143.20 b	92.74 d	141.32 b	172.20 a	87.66 d	87.36 d

EP= emergence percentage; MET= mean emergence time; PH= plant height; NF= number of leaves; ADB: aerial dry biomass; LA= leaf area; RL= root length; NSR= number of secondary root; NN= number of nodules; UDB: underground dry biomass; PFE: pod formation efficiency; DFF= days to first flowering; D50%F = days to 50% flowering; DPF= days to pod formation; DPM= days to pod maturity.

Newman-Keuls test ( $p < 0.05$ ).

The highest EP were observed for landraces Ci1, Ci2, Ci4, Ci7, Ci8, Ci10 and Ci12. Of these landraces, Ci1, Ci10 and Ci12 presented the lowest mean emergence time (Table 2). The variability of response between the landraces in terms of emergence appears to indicate that the seeds are inconsistent when it comes to germination quality, which is probably due to their health, physiological condition and size. Growth evaluation (Table 2) has shown that plant height range from 14 – 25 cm. Landrace Ci4 was the largest in plant height. The highest values in terms of number of leaves, aerial/underground dry biomass, root length and number of secondary roots were observed in landraces Ci8 and Ci9. The lowest values were obtained from landraces Ci1, Ci3, Ci10 and Ci12. This difference in behaviour between the landraces could be linked to the efficiency of solar radiation interception and particularly the biological efficiency of the conversion of radiation to biomass. Contrary to this result, a study

conducted in Botswana showed that a landrace with the same colour and approximately the same size seed as Ci1 presented very high vegetative development (10). These differences in behaviour observed in these two apparently identical landraces would confirm the influence of environmental conditions on the growth and development of Bambara groundnut landraces. The leaf area was high in landraces Ci7, Ci8 and Ci9 and low in landraces Ci1, Ci2, Ci3, Ci4, Ci5, Ci10 and Ci12. The number of nodules was low and statistically identical in all the landraces. This finding could be linked to the absence of rhizobium bacteria in the soil (14).

The transition from vegetative to reproductive phase is a key event in the plant development cycle, as it has a decisive effect on their adaptability to environmental conditions. The results relating to the phenology of Bambara groundnut are indicated in table 2. Days to first flowering ranged from 28 - 41 DAS. Except landrace Ci9, the flowers appeared approximately 28

DAS for all landraces. Days to 50% flowering were longer for this last landrace compared to the others. Variability between the landraces was observed in terms of average days to first flowering, days to 50% flowering and days of pod formation and maturity. This variability made it possible to identify early landraces with short crop cycles (3 months): landraces Ci1, Ci3, Ci10, Ci12 and Ci7. The early maturation often makes it possible to harvest under favourable climatic conditions. Therefore, the timing of the flowering period is a decisive factor for the final yield. The pod formation efficiency (PFE) was low (less than 50%) for all the landraces studied. This result supposes that the development or evolution of a major proportion of flowers was halted. This failure may result from unfavourable environmental conditions, which cause many flowers to fall, thus confirming the importance of the timing of the flowering period. The low PFE may also be explained by the fact that, with Bambara groundnut, flowering does not take place simultaneously but over a period of time (Figure 1). Bearing this in mind, the pods do not mature over a short period, resulting in pods of different types and ages. Figure 1 shows that flowering and leaf production develop exponentially. These two phenomena take place at a stage when height growth slows down considerably.

The plant reaches a certain height and grows a certain number of leaves before preparing for reproduction at approx. 28 DAS.

The evaluation of yield components (Table 3) made it possible to determine the production capacities of the plants studied. The number of mature pods in landraces Ci3 and Ci8 was statistically equal and greater than those for other landraces. There was no formation of pods with 2 seeds in landraces Ci4 and Ci5. However, number of pods with 2 seeds was low in Ci9 and high in landraces Ci1, Ci10 and Ci12. A major capacity to use assimilates for reserve structures may therefore exist in the latter landraces.

The 100 seed weight (W100S) and seed weight (SW), which is greater in landraces Ci3, Ci5, Ci7 and Ci9, suggests that the latter produced large seed. These seeds would therefore represent a major reserve of nutrients for people and animals. Shelling percentage was higher in landraces Ci7, Ci8 and Ci9. Landrace Ci7 showed the greatest seed length and smallest seed width. The smallest seed lengths were observed in landraces Ci4, Ci8, Ci10 and Ci12. Finally, the highest seed widths were observed in landraces Ci3 and Ci5. Seed yields ranged from 79 - 495 kg/ha. The highest yields were obtained from landraces Ci3, Ci10 and Ci12, while the lowest yield was obtained from

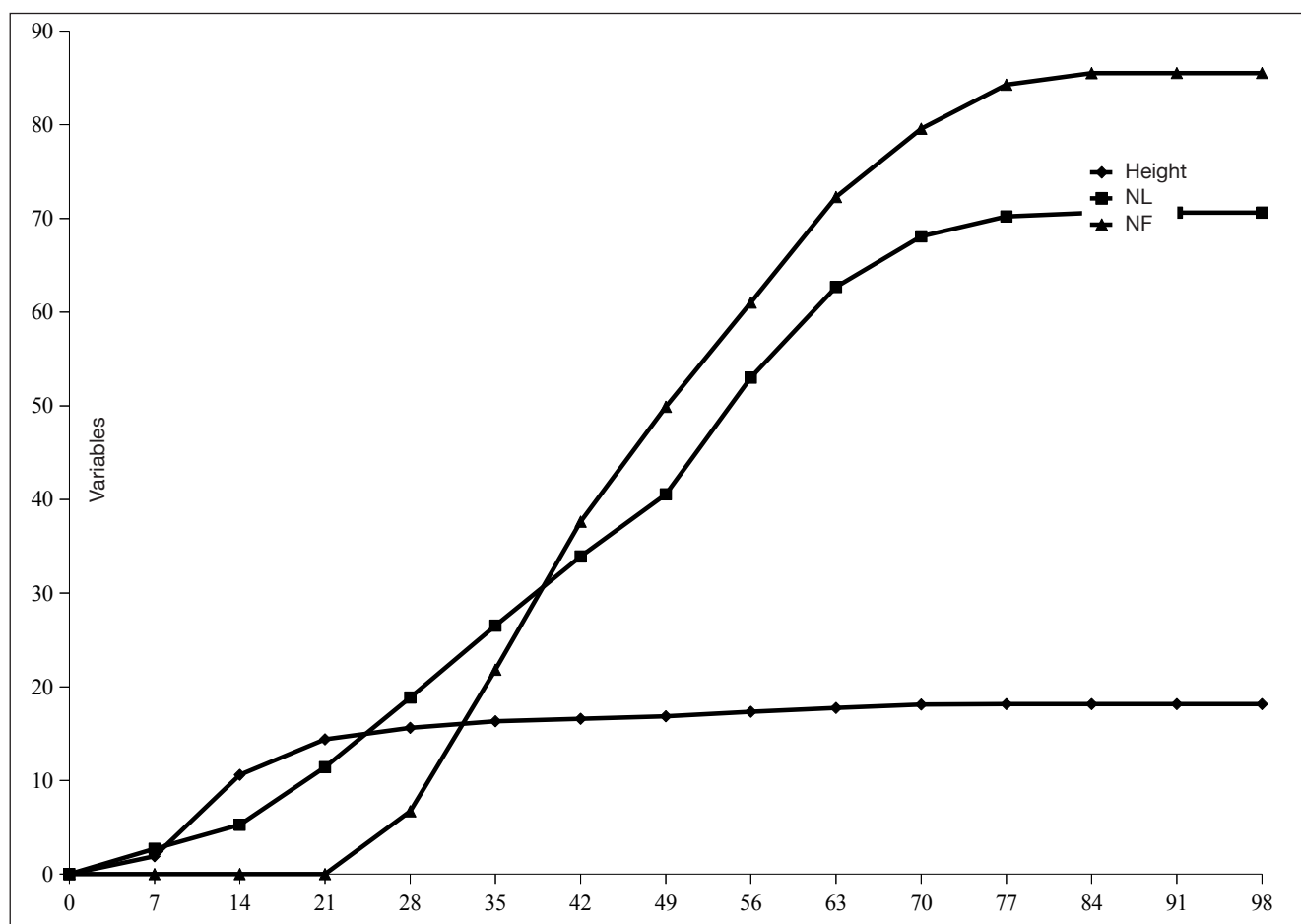


Figure 1: Evolution of plant height, number of leaves and flowers in Bambara groundnut landraces, according to the number of days after sowing (DAS).

**Table 3**  
**Evaluation of yield components and yield in ten Bambara groundnut landraces**

Parameters	Landraces									
	Ci1	Ci2	Ci3	Ci4	Ci5	Ci7	Ci8	Ci9	Ci10	Ci12
NMP	20.06 b	30.11 a	16.95 bc	22.77 b	22.09 b	21.98 b	34.13 a	12.33 c	20.36 b	22.02 b
P2P (%)	17.84 a	7.33 b	14.20 b	0.00 d	0.00 d	12.26 b	12.37 b	4.17 c	23.00 a	17.83 a
SW (g)	0.60 c	0.59 c	0.81 a	0.56 c	0.72 b	0.71 b	0.43 d	0.62 c	0.61 c	0.62 c
W100S (g)	55.33 d	47.89 e	76.54 a	53.45 d	72.67 b	67.09 c	40.71 f	67.33 c	52.76 d	53.22 d
SP (%)	33.31c	35.79 b	29.97c	36.35 b	35.40 b	38.97 a	39.82 a	40.37 a	30.01c	32.57 c
SL (cm)	12.28 d	12.24 d	12.84 c	11.50 e	13.92 b	15.79 a	11.09 e	11.64 e	11.69 e	11.49 e
SWi (cm)	9.98 bc	9.84 bcd	10.12 b	9.51±0 d	10.46 a	8.63 f	8.94 e	9.92 bcd	9.71 cd	9.63 cd
Y(kg/ha)	388.06 b	105.33 c	408.56 ab	263.81 bc	105.1 c	250.94 bc	289.02 bc	79.68 c	392.5 ab	495.11a

NMP= number of mature pods; P2P= pods with 2 seeds percentage; W100S= 100 seed weight; SW= seed weight; SP= shelling percentage; SL= seed length; SWi= seed width; Y= yield

Within the same line, means followed by the same letters are not significantly different according to Newman-Keuls test (0.05).

landrace Ci9. These yields are lower than those quoted in the literature. In fact, Bambara groundnut production ranges from 650 - 850 kg/ha in many semi-arid countries. For example, the following yields have been reported: 940 kg/ha in Burkina Faso, 672 kg/ha in Mali and 574 kg/ha in Ghana (13). The low yield obtained in the course of this study could be explained by high humidity following the heavy rainfall that occurred during the cultivation period.

### Principal component analysis

A principal component analysis (PCA) was conducted, in order to include the most inter-correlated variables in a reduced number of independent synthetic variables.

According to the PCA (Figure 2), 84.01% of the total variability was expressed by the first three axes. Axis F1 explains 54.11% of this variability, while axis F2 and axis F3 account for 19.40% and 10.49%, respectively.

Axis F1 was formed by the following variables, which express growth and phenology: MET, NF, LA, ADB, UDB, DFF, D50%F, DPF, DPM, le RL, NSR, P2P, PFE, SP and yield. This axis can be described as a vegetative and floral development axis. Similar results have been reported for *Vigna mungo* (L.) Hepper (6). In fact, it has been shown that the variables, which characterise the vegetative and reproductive phase in *V. mungo*, contribute to the formation of a single axis. Axis F1 compares two groups. The group consists of Ci1, Ci3, Ci10 and Ci12. This group is characterised by a short crop cycle and a low number of leaves and secondary roots, with few flowers forming. In addition, leaf area and aerial/underground dry biomasses were reduced. However, pod formation efficiency, number of pods with 2 seeds and seed yield were high for these landraces. The second group consists only of Ci9. The F2 axis is formed by the variables that define yield components: number of pods, 100 seeds weight,

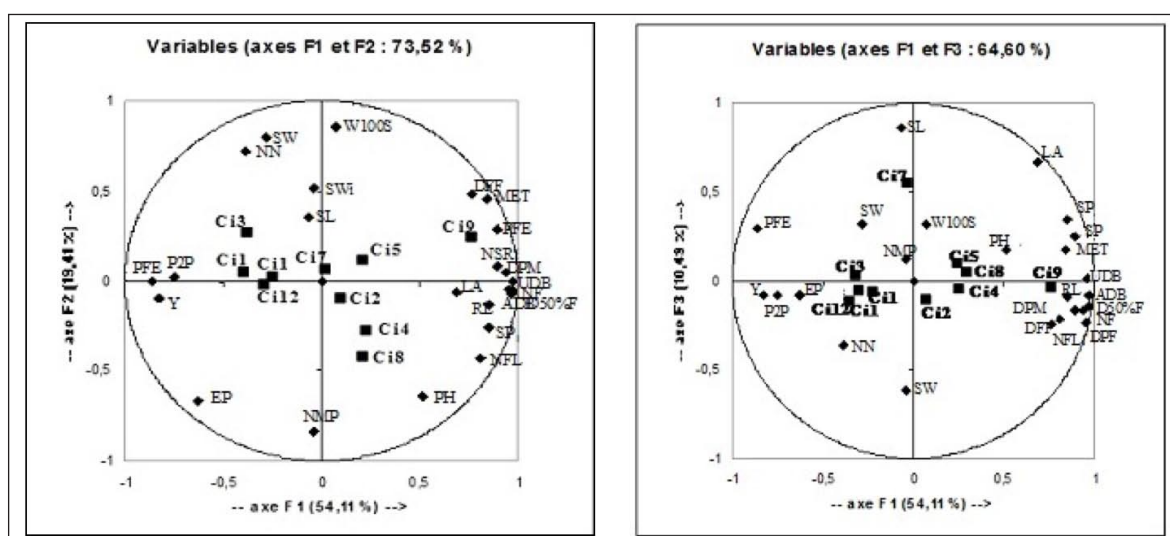


Figure 2: Correlation circles obtained from the PCA, expressing the representativity of the variables and landraces, according to axes F1 et F2 (A) and axes F1 and F3 (B).

seed weight, seed length and seed width. This axis can be considered to describe the seed size. It makes it possible to characterise the third group, which consists of landraces Ci2, Ci4, Ci5, Ci7 and Ci8. The projection of variables and landraces in axes F1 and F3 has shown a change to the structure of axis F2. In fact, the group is more consistent when axis F3 is considered. This axis made it possible to separate seed length and width from the other variables and landrace Ci7 from other landraces. This landrace is characterised by particularly long seeds.

## Conclusion

At the end of this study, the characterisation of Bambara groundnut landraces has shown that significant

differences exist, in terms of morphological, phenological and agronomic factors. Of the parameters used for characterisation, only the number of nodules was identical for all landraces. In terms of flowering and fructification parameters, the phenological observations made it possible to show that landraces Ci1, Ci3, Ci10, Ci12 and Ci7 were early with a 90-day cycle. Out of the 24 variables used, 20 can be used to distinguish between Bambara groundnut landraces. Landrace Ci7 was identified by means of seed length and width. Landraces Ci1, Ci3, Ci9, Ci10 and Ci12 were identified by their phenological characteristics. Finally, landraces Ci2, Ci4, Ci5 and Ci8 were identified by their agronomic characteristics. The results also showed that landraces with a low number of mature pods produced high 100 seed weights.

## Literature

1. Anchirina V.M., Yiridoe E.K. & Bennett-lartey J.O., 2001, Enhancing sustainable production and genetic resource conservation of Bambara groundnut. A survey of indigenous agricultural knowledge systems: outlo. *Agri.* **30**, 4, 281-288.
2. Brough S.H., Taylor A.J. & Azam-Ali S.N., 1993, The potential of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] in vegetable milk production and basic protein functionality systems. *Food chem.* **47**, 227-283.
3. Collinson S.T., Clawson E.J., Azam-Ali S.N. & Black C.R., 1997, Effect of soil moisture deficits on the water relations of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.Verdc.). *J. Exp. Bot.* **48**, 877-884.
4. Djè Y., Béket S.B. & Zoro Bi I.A., 2005, Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc., Fabaceae] de Côte d'Ivoire. *Bio. Agron. Soc. Environ.* **9**, 4, 249-258.
5. Djè Y., Béket S.B. & Zoro Bi I.A., 2006, Preliminary evaluations on a landrace of Bambara groundnut: relationships between seed size, chemical composition, germination rate and early seedling growth. *Sci. Nat.* **3**, 2, 193-198.
6. Ghafoor A., Sharif A., Ahmad Z., Zahid M.A. & Rabbani M.A., 2001, Genetic diversity in blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). *Field Crops Resear.* **69**, 183-190.
7. Goli A.E., Begemann F. & Ng N.Q., 1997, Characterization and evaluation of IITA's Bambara groundnut collection. Pp. 101-118. *In: Heller, J., Begemann, F. and Mushonga, J., 1997, Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops .9. Proceeding of the workshops on conservation and improvement of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.], 14-16 November 1995, Harare, Zimbabwe, 173 p.*
8. IPGRI, IITA & BAMNET, 2000, Descripteurs du pois bambara (*Vigna subterranea*). Institut international des ressources phytogénétiques, Rome, Italie; Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigeria; Réseau International de pois bambara, Allemagne. 59 pp.
9. Karikari S.K., 2000, Variability between local and exotic Bambara groundnut landraces in Botswana. *Afr. Crop Sci.* **8**, 153-157.
10. Khonga E.B., Karikari S.K. & Machacha S., 2004, Agronomic performance of nine landraces of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) in Botswana. *In: Proceeding of the International Bambara Groundnut Symposium* "European Union Framework Programme 5 Botswana College of Agriculture, Botswana 8 -12 September 2003. pp. 27-46.
11. Kouassi N'.J. & Zoro Bi I.A., 2010, Effect of sowing density and seedbed type on yield and yield components in Bambara groundnut (*Vigna subterranea*) in woodland savannas of Côte d'Ivoire. *Expl Agric.*, **46**, 1, 99-110.
12. Linnemann A.R., 1987, Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.]. *Abst. Trop. Agri.* **12**, 7, 9-25.
13. Linnemann A.R. & Azam-Ali S., 1993, Bambara groundnut (*Vigna subterranea*) literature review: a revised and updated bibliography. Wageningen Agricultural University. *Trop. Crops Commun.* N°7. 124 p.
14. Mafongoya P.L., 1998, Symbiotic nitrogen fixation of Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). MSc Thesis, Dept. Biochemistry and Biological Science, Wye College, University of London, Uk. 164 p.
15. Massawe F.J., Dickinson M., Roberts J.A. & Azam-Ali S.N., 2002, Genetic diversity in Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] landraces revealed by AFLP markers. *Genome.* **45**, 1175-1180.
16. Ouédraogo M., Ouédraogo J.T., Tignere J.B., Balma D., Dabire C.B. & Konaté G., 2008, Characterization and evaluation of accessions of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt] from Burkina Faso. *Sci. Nat.* **5**, 2, 191-197.
17. Squire G.R., Connolly H., Crawford J., Collinson S.T. & Sesay A., 1997, Linking vegetative and reproductive trait variability in landraces of Bambara groundnut. *In: Azam-Ali, S.N. (Ed.), Proceedings of the International Bambara Groundnut Symposium, 23-25 July 1996, University of Nottingham, UK, pp. 201-213.*

Y. Touré, Ivorian, Diplôme d'Etude Approfondie DEA, PhD student, University of Abobo-Adjamé, Faculty of Natural Sciences, Biology and Crop Improvement Laboratory, 02 BP 801, Abidjan 02, Ivory Coast. Tel.: (225) 05 74 25 97 Fax: (225) 20 30 43 00

M. Koné, Ivorian, State Doctorate, lecturer, University of Abobo-Adjamé, Faculty of Natural Sciences, Biology and Crop Improvement Laboratory, 02 BP 801, Abidjan 02, Ivory Coast.

H. Kouakou Tanoh, Ivorian, State Doctorate, Lecturer, University of Abobo-Adjamé, Faculty of Natural Sciences, Biology and Crop Improvement Laboratory, 02 BP 801, Abidjan 02, Ivory Coast.

D. Koné, Ivorian, State Doctorate, Lecturer, University of Cocody-Abidjan, Faculty of Biosciences, Plant Physiology Laboratory, 22 BP 528, Abidjan 22, Ivory Coast.

# Principal Disease and Insect Pests of *Jatropha curcas* L. in the Lower Valley of the Senegal River

Marieke Terren<sup>1,2\*</sup>, J. Mignon<sup>2</sup>, C. Declerck<sup>2</sup>, H. Jijakli<sup>2</sup>, S. Savery<sup>1</sup>, P. Jacquet de Haveskercke<sup>1</sup>, S. Winandy<sup>2</sup> & G. Mergeai<sup>2</sup>

Keywords: *Jatropha curcas*- Pests- *Stomphastis thraustica*- *Calidea panaethiopica*- *Pempelia morosalis*- Senegal

## Summary

*Jatropha curcas* L. seed oil is proven to be toxic to many microorganisms, insects and animals. Despite its toxicity, *Jatropha* is not pest and disease resistant. The following major pests and diseases affecting *Jatropha* in the lower valley of the Senegal river have been identified: the leaf miner *Stomphastis thraustica* (Meyrick, 1908) (Lepidoptera, Gracillariidae), the leaf and stem miner *Pempelia morosalis* (Saalmüller, 1880) (Lepidoptera, Pyralidae) and the shield-backed bug *Calidea panaethiopica* (Kirkaldy, 1909) (Heteroptera, Scutelleridae), which can cause flower and fruit abortion. Damage from these pests was particularly great during the second year after the plantations were set up (2009) and before later receding. Nevertheless, the worst attacks were caused by a vascular disease transmitted through the soil, which killed 65% of the plants in four years. It is mainly characterised by collar and root rot, which causes foliage to yellow and wilt, before the plant eventually dies. These threats should increase if larger areas are planted with *Jatropha*. Considering the scale of the damage caused by these attacks in Bokhol, the development of an integrated pest management programme adapted to the local context should be considered.

## Résumé

### Les principaux bio-agresseurs de *Jatropha curcas* L. dans la vallée du fleuve Sénégal

Bien que l'huile de *Jatropha curcas* L. s'avère très toxique pour de nombreux microorganismes, insectes et animaux, les plantes de cette espèce subissent d'importantes attaques de différents bio-agresseurs. Les principaux ravageurs et maladies du *Jatropha* dans la basse vallée du fleuve Sénégal ont été identifiés. Il s'agit de la mite mineuse de feuilles *Stomphastis thraustica* (Meyrick, 1908) (Lepidoptera, Gracillariidae), de la mite mineuse de tige *Pempelia morosalis* (Saalmüller, 1880) (Lepidoptera, Pyralidae) et de la punaise *Calidea panaethiopica* (Kirkaldy, 1909) (Heteroptera, Scutelleridae) qui peut causer l'avortement des fleurs et des fruits. Les dégâts causés par ces ravageurs ont été particulièrement importants au cours de la deuxième année qui a suivi l'installation des plantations (2009) puis se sont estompés par la suite. De très fortes attaques dues à une maladie vasculaire transmise par le sol ont par contre causé 65% de mortalité des plantations après quatre ans de culture. Les symptômes de cette maladie sont la pourriture au niveau des racines, du collet et des tiges, le jaunissement et le flétrissement du feuillage et finalement la mort de la plante. Ces menaces ne devraient que s'amplifier en cas d'extension majeure des superficies plantées en *Jatropha*. Dans cette hypothèse, le développement de programmes de protection phytosanitaire adaptés au contexte local devra être envisagé.

## Introduction

For several years, the cultivation of *Jatropha curcas* L. has been considered one of the most promising solutions to the problems created by climate changes, energy insecurity and rural poverty in developing countries (1). *Jatropha* is a shrub, which is very drought-resistant and is cultivated as a hedge in most tropical countries (12). In Senegal, it is found mainly in the south of the country, in the form of hedges used to protect fields and home gardens against wild animals. The plant has many medicinal properties

and the extract obtained from its leaves is used as a nematicide (17, 35). The oil from its grains has proven to be highly toxic for many microorganisms, insects and animals, mainly due to its phorbol ester content (21). It can therefore be used as a microbicide, fungicide, insecticide, molluscicide, piscicide and rodenticide (2, 5, 8, 20, 28, 31). Nevertheless, the main economic advantage of this oil remains its use as an agrofuel (1). Despite its toxicity, *Jatropha* is infested by many insect pests and often shows symptoms of

<sup>1</sup>Durabilis Foundation, Kortrijksesteenweg 930, B-9000 Gent, Belgium.

<sup>2</sup>Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

Author's e-mail address: [m.terren@doct.ulg.ac.be](mailto:m.terren@doct.ulg.ac.be) Tel.: (+221)773394912

Received on 23.08.12 and accepted for publication on 24.09.12.



fungal attacks. Significant losses have been reported, following damage caused by insects, fungi or viruses (7, 9, 23, 29, 30).

Several pilot initiatives have been implemented in Senegal, in order to evaluate the true potentials of *Jatropha* in terms of combating rural poverty in Sudano-Sahelian Africa (33). These projects have highlighted the existence of pest insects and pathogenic fungi, which attack the plant in all regions, where its cultivation has been tested. In this study, we will outline observations concerning the main bio-pests affecting the *Jatropha*, which were identified during one of these projects. This pilot initiative started in September 2007 in the rural community of Bokhol (Département of Dagana, Region of Saint-Louis), with the aim of determining whether it would be possible to cultivate *Jatropha* sustainably on a large scale on marginal land in the lower Senegal river valley. The crops were monitored for four years.

## Materials and methods

### Study area and source of data analysed

The observations were based on six hectares of

*Jatropha* cultivated under drip irrigation close to the Senegal river between September 2007 - April 2008 at the village of Bokhol (Lat. 16°31'N, Long. 15°23'W) in the Saint-Louis region. The six hectares were divided into twelve half-hectare plots. The climate is of the BWh type (Sahelian climate) according to the classification of Köppen. Its annual rainfall falls between 180 and 300 mm over three months of the rainy season (from late June – late September). The average annual daily temperature is higher than 23 °C, the average minimum annual temperature is 18 °C and the average maximum annual temperature is 37 °C. Temperatures can fall to below 10 °C at night, between late December and late February, and can exceed 41 °C during very hot periods in May. The terrain is completely flat and the plantation was established on *Dieri* type soil, which corresponds to the flood-proof land of the river valley, which is a pastoral zone. On average, the soils at the Bokhol site contain over 90% sand (fine and coarse) in the arable horizon and are slightly richer in clay at lower levels. Their organic matter content is very low (< 1%) and they have a very low chemical content (CEC between 2 - 3 meq/100g soil).

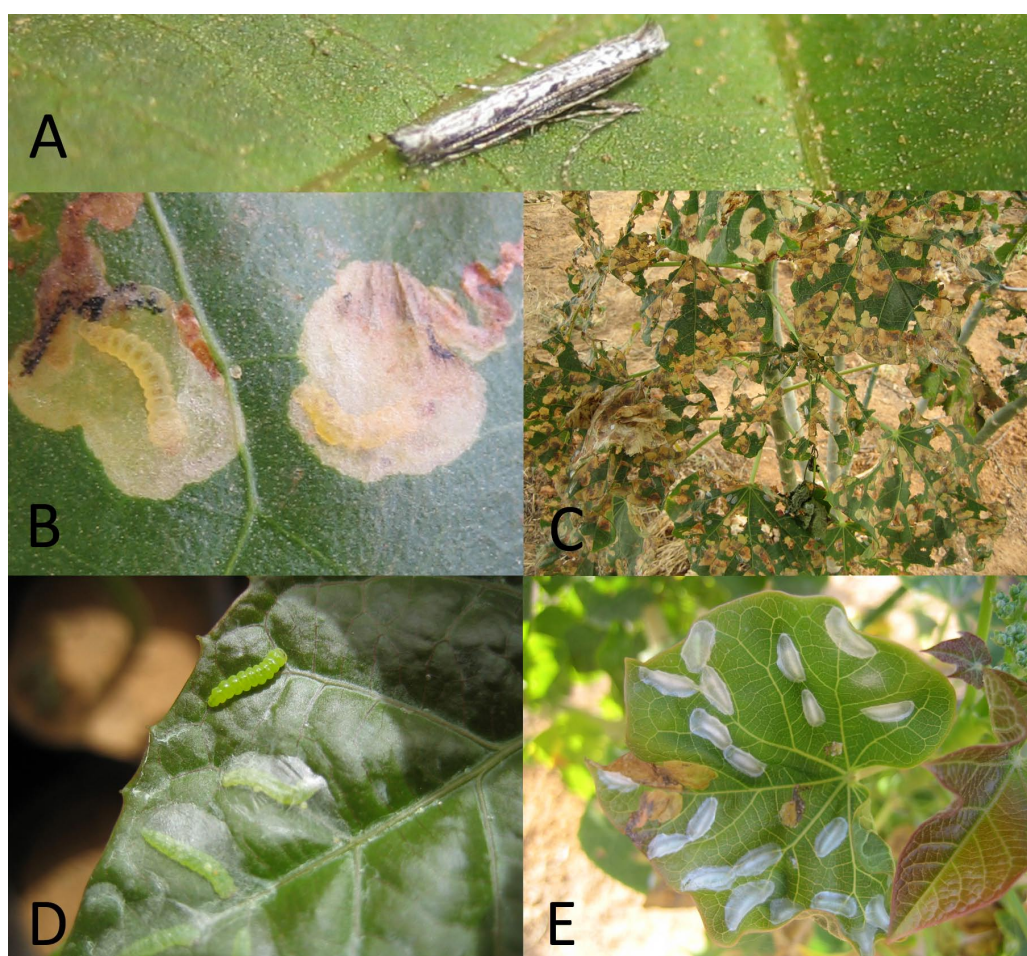


Figure 1: Life cycle of *S. thraustica*. The adults (A) lay their eggs on the *Jatropha* leaves. The larvae (B) dig tunnels in the leaf blade, which cause the leaves to dry out (C). Pupation takes place on the leaf surface (D), where the pupae enclose themselves in characteristic small white webs, which give the foliage a speckled appearance (E).

### Identification of insect pests and fungal strains

Samples of the main insect pests founded at Bokhol were identified at the Functional and Evolutive Entomology Unit at Gembloux Agro-Bio Tech – University of Liège.

### Quantifying the impact of phytosanitary problems

The vigorous nature of the attacks and scale of damage caused by *Jatropha* pest insects were quantified in 2009, using incidence and damage scales on randomly selected plants in the cultivated plots. The presence of pests and the damage that they cause formed the subject of qualitative observations in subsequent years (2010 and 2011).

The number of plants presenting phytopathological problems was quantified between March 2009 – September 2011.

## Results and discussion

### Identification of bio-pests present at the Bokhol site

Three pest insects attack the *Jatropha* at the Bokhol site: the leaf miner *Stomphastis thraustica* (Meyrick, 1908) (Lepidoptera, Gracillariidae), the leaf and stem miner *Pempelia morosalis* (Saalmuller, 1880) (Lepidoptera, Pyralidae) and the shield-backed bug *Calidea panaethiopica* (Kirkaldy, 1909) (Heteroptera, Scutelleridae), which can cause flower and fruit abortion.

Over 60% of the *Jatropha* plants at the Bokhol plantation fell victim to attacks by a soil-borne vascular disease.

### Quantifying the impact of the main pest insects *S. thraustica*

The presence of *S. thraustica* can be seen in the increasingly large brown patches on the leaves. These patches are caused by the tiny insect larvae, which eat away at the leaf blades, by digging tunnels into them. Pupation takes place on the leaf surface, where pupae enclose themselves in characteristic small white webs, which give the foliage a speckled appearance (Figure 1). Lepidoptera, in their adult form, are nocturnal. They can only be observed rarely on the plants.

The Bokhol plantation suffered very strong attacks by the leaf miner from late 2008 onwards (1½ years after planting) and after early March 2009 when foliage reappeared on the plants at the end of the cold and dry season. During this period between 25 March - 22 April 2009, the incidence and damage caused by the leaf miner were quantified using samples taken from 12 randomly selected plants from each half-hectare block (a total of 10 blocks were observed, as the plantations set up in the last two blocks covered no more than 20% of their surface), using scales based the percentage of affected plants, the percentage of

attacked leafs per plant and the proportion of damaged surface per leaf. The incidence of attacks caused by *S. thraustica* grew worse during the observation period. The percentage of attacked plants increased from  $70 \pm 23\%$ , when the observation began, to  $98 \pm 6\%$  at the end of the observation. The number of leaves suffering from damage also increased during this period. On average,  $22 \pm 3\%$  leaves were mined per plant at the start of the observation, compared to  $32 \pm 13\%$  at the end of the study. The severity of the attacks, calculated according to the amount of leaf surface damaged, increased from  $7 \pm 7\%$  to  $24 \pm 1\%$  at the end of the observation period. It could be observed that the miner population began to increase less quickly at the end of the dry season, which is characterised by a steep rise in temperatures. During the next two years (2010-2011), leaf miner attacks continued to be observed, but their incidence and the damage they caused were significantly reduced.

Attacks by *S. thraustica* have also been reported on *Jatropha* in many countries, such as India (4, 34), Kenya (25), Malaysia (32), Mozambique (6), DRC (22) and China (40, 41). In Senegal, this pest has been observed in the Departement of Foundiougne (13, 36) and the Departement of Tambacounda (37).

### *P. morosalis*

*P. morosalis* larvae feed on leaves and pollen during their wandering phase, which can be observed by the presence of webs and droppings on the inflorescences. They penetrate into the stem by digging tunnels, in order to complete their development (Figure 2). They can cause damage to the inflorescences and stems, which makes the later non-functional, while fruits are also attacked (34). This insect has been observed in Bokhol since 2008. Its proliferation seems to follow the level of development of the plant foliage. It had practically disappeared during the plants' defoliation phase between late December 2008 and late February 2009, but its attacks resumed with the return of foliage in March 2009. Due to the risk associated with its presence, quantified monitoring of attacks by this insect was conducted during the period between 27 March - 22 April 2009, using samples from twelve randomly selected plants per half-hectare block (in total, ten blocks were analysed). This monitoring involved evaluating the percentage of plants attacked at the plantation and measuring the length of stem sections that had been mined by *P. morosalis* larvae. The percentage of plants affected increased from 2 - 12% during the observation period. In the majority of cases (64%), the length of the sections being attacked was less than 5 cm. On 29% of the attacked stems, the length of the mined sections ranged from 5 - 15 cm. Only 7% of the attacked stems presented a mined section that was longer than 15 cm. The level of attacks by *P. morosalis* did not increase significantly during the next two years.

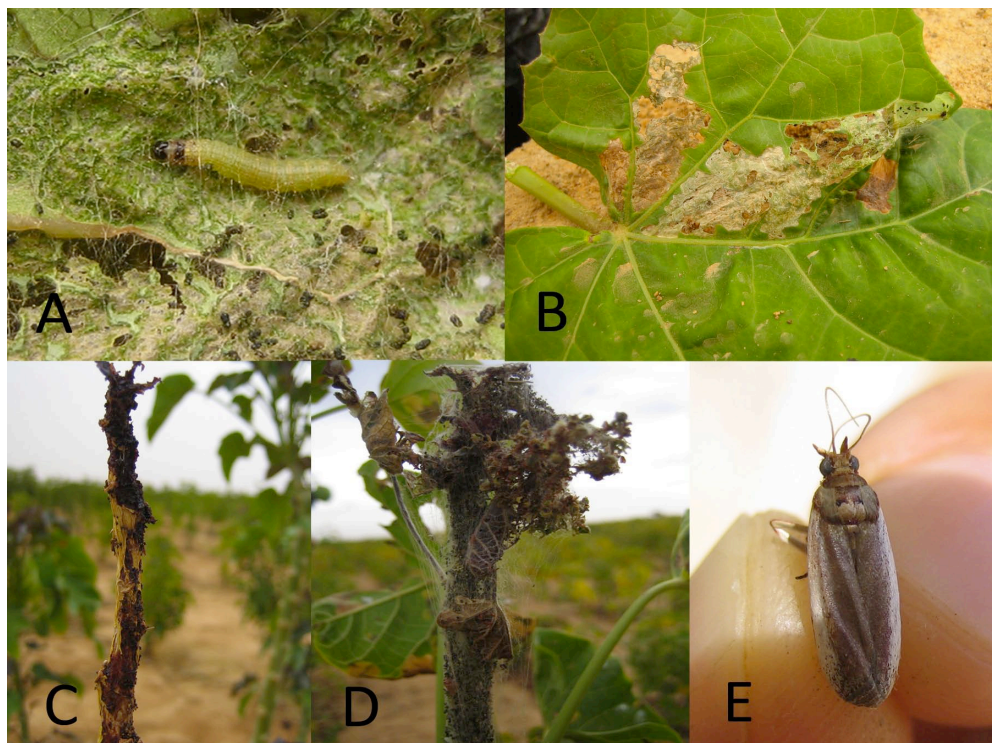


Figure 2: Life cycle of *P. morosalis*. The larvae feed on the leaves (A and B), branches (C) and inflorescences (D). They penetrate into the stem, by digging tunnels, in order to complete their development. Adult *P. morosalis* (E).

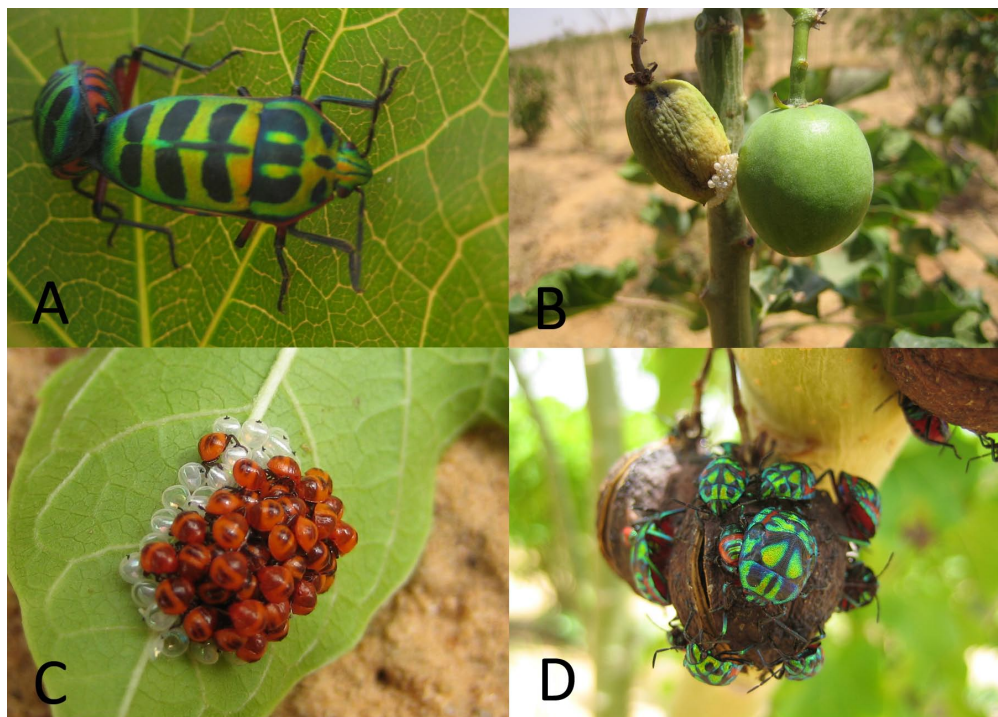


Figure 3: Adult *C. panaethiopica* (A) lay their eggs on the fruits (B) and leaves (C). The larvae and adults feed on the capsules using their stinging rostrum (D).

Classed as the second worst pest in India by Shanker and Dhyani (34), *P. morosalis* has also been identified as an enemy of *J. curcas* in Kenya (25), Madagascar (24), Mali (3) and Cambodia (27). *Pempelia morosalis* presents a wide geographical distribution. In reality, this is not really a biological species but a complex

of species, which cannot be differentiated using morphological criteria. This complex of cryptic species was recently assigned to a new genus (14) and should be considered as *Morosaphycita morosalis* sensu lato (Saalmüller, 1880). For the purpose of clarity and simplification, we opted to use the still widely used

term, *Pempelia morosalis*, without referring to the species complex.

### ***C. panaethiopica***

The adult *C. panaethiopica* shield-backed bug attacks the flowers and capsules, on which they feed using their stinging/sucking rostrum (Figure 3). They are likely to cause the capsule deformation and abortion. In addition, this is where they lay their eggs, which are likely, in turn, to cause damage to the capsule. The adults arrive on the plants at the end of March.

The females arrive first and immediately lay their eggs on the lower leaf surfaces and capsules. At the end of April 2009, we observed percentages of attacked capsules ranging from 6 - 33% in the various blocks at the plantation. Per hectare, the number of individuals observed ranged from 417 - 3750 individuals (1256 on average). During the rainy season, all stages of the pest cycle co-exist simultaneously on the plants.

Of the 39 Heteroptera species observed on *Jatropha* crops in Nicaragua, identified by Grimm and Führer (10) and Grimm and Somarriba (11), the following two species are the most harmful: *Pachycoris klugii* (Burmeister, 1835) (Heteroptera, Scutelleridae) and *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Heteroptera, Coreidae). In India, the species *Scutellera nobilis* (Fabricius, 1775) (Heteroptera, Scutelleridae) represents one of the main *Jatropha* pests (34). These Heteroptera cause flower and fruit abortion, reduced

size, weight and oil content in seeds, as well as “embryo” abortion, which leads to large proportions of empty grains. *P. klugii* feeds on fruits and is able to sequester phorbol esters, which it uses as a defence mechanism against its predators (38). Other species of Scutelleridae have been observed on *Jatropha* in Mali (3), DRC (22) and Kenya (25).

Several Scutelleridae species therefore seem to be closely linked to *Jatropha* and this family can be considered one of the main groups of *Jatropha* pests in the world. In eastern Senegal, another bug of the *Calidea* genus has also been observed on *Jatropha* (37). This same species has also been observed west of the Groundnut Basin (Département of Foundiougne) (22).

### **Quantifying the impact of vascular disease**

The *Jatropha* plantation at Bokhol suffered severe attacks by a vascular disease that caused major damage. Plants that were subject to water stress were particularly vulnerable to these attacks. This disease, which is present in the vessels, causes root and collar rot, which leads to yellowing of the leaves, stem and ultimately withering of the foliage and drying out of branches (Figure 4). Termites are attracted by the rotting odour and ravage the entire plant. When the roots and collar are completely eaten away, the plant falls under the effect of its weight. The disease also leads to the presence of black lines on the vessels in the plant’s stem and branches.

The first outbreak of the disease occurred on a half-

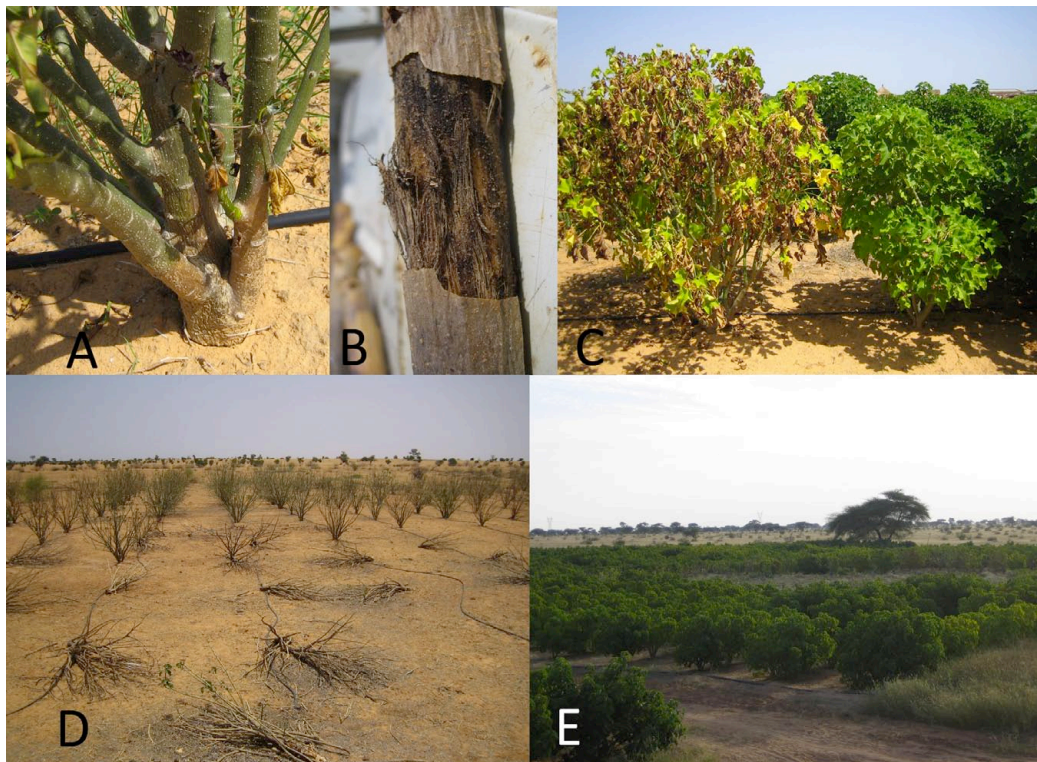


Figure 4: The presence of vascular disease causes the roots, collar (A) branches (B) to rot, which leads to yellowing and withering of the leaves (C). Termites are attracted by the rotting odour and ravage the entire plant (D). The disease spreads as a circular outbreak (E).

hectare area at the start of the second year after planting and caused 17% of plant deaths in that year. The disease then spread closer and closer in circular outbreaks, starting from sick plants (Figure 5). Various anti-fungal treatments (sulphur, thiophanate-methyl, copper oxychloride and benomyl) were applied in order to control this disease, but none of them proved effective. Mortality increased from 16% of all dead plants across the entire field in the second year to 36% in the third year and 65% in the fourth year. At the end of the observations, two thirds of the six hectares of the plantation were ravaged. No stabilisation of the disease was detected. The disease spread from clearly localised outbreaks to the various plots, which were added over the years (Figure 5).

Similar damage was observed on other rain-fed *Jatropha* crops on plantations in eastern Senegal and west of the Groundnut Basin. However, the mortality rate there was generally lower than that observed in Bokhol. It is possible that the prevailing environmental conditions in northern Senegal stress the plants and make them more vulnerable to attacks.

In addition, the irrigation system put into place creates favourable conditions for the development and spread of the pathogen, by maintaining constant humidity in the soil.

Fungal attacks on *Jatropha* are not well documented.

The consequences of root attacks are similar, as the plants are not able to absorb water. Four pathogens have already been identified as the cause of root rot in *Jatropha*: *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. (15), *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, *Phomopsis longicolla* Hobbs, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler (18, 29). Attacks by *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. have been observed in India and Brazil, respectively, by Latha *et al.* (19) and by Pereira *et al.* (26) with the appearance of pycnidia on the collar. Similar symptoms can be observed in India, following attacks by *Fusarium moniliforme* Shel. (16) and *Botryosphaeria dothidea* (Mougeot: E.M. Fries) Cesati & De Notaris (29) and in China following attacks by *Nectria haematococca* Berk. & Broome (39).

### Conclusions

Contrary to popular opinion, the toxicity and insecticide properties of *J. curcas* fail to protect it fully against attacks by insects and diseases. The different parts of the plant are affected: roots, branches, leaves, flowers and fruits. These attacks affect the plant's productivity. Grimm (9) estimates that an 18.5% loss in harvest potential is caused by Heteroptera. Some Lepidoptera and Heteroptera observed in the course of our study represent major potential threats to *Jatropha* cultivation in Senegal and probably throughout Africa's entire Sudano-Sahelian region.

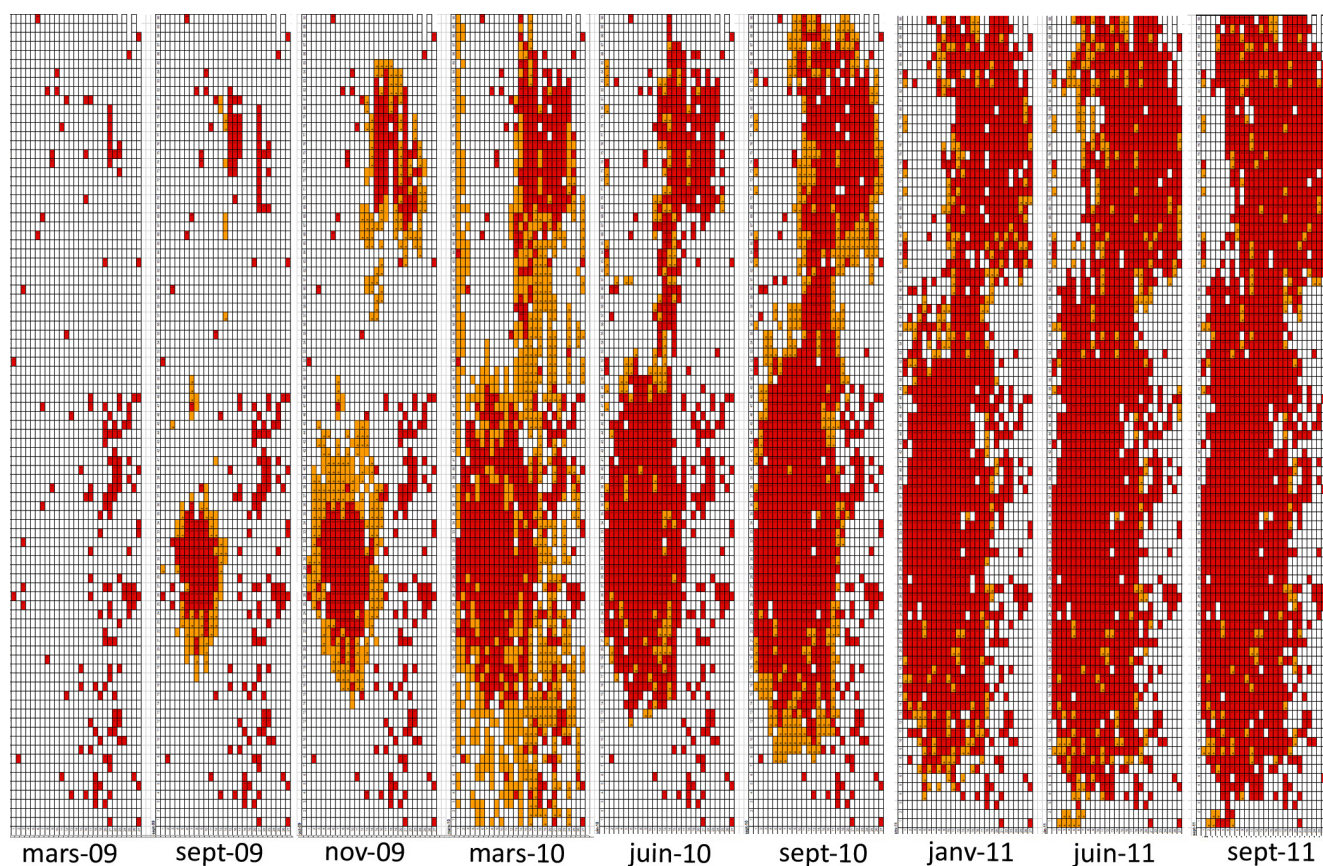


Figure 5: Development of vascular disease over a period of time (March 2009 – September 2011) on one hectare. The white spots represent healthy plants, the orange spots indicate diseased plants and red spots show dead plants.

These threats would increase if far larger areas were planted with *Jatropha*. The development of vascular diseases can also seriously threaten *Jatropha* crops. This type of disease is known, all over the world, to cause major damage to crops. The lack of effective chemical treatments poses a real problem. Due to the scale of the damage recorded at Bokhol, it is vital that the development of appropriate phytosanitary

protection programmes for the local context is considered, with the aim of increasing the number of areas planted with *Jatropha*.

## Acknowledgements

The authors wish to warmly thank the Durabilis Foundation for financially supporting the research, the results of which are presented in this article.

## Literature

- Achten W.M.J., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. & Muys B., 2008, *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass & Bioenergy*, **32**, 12, 1063-1084.
- Adebowale K.O. & Adedire C.O., 2006, Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *Afr. J. Biotechnol.* **5**, 10, 901-906.
- Anonyme, 2011, Rapport final du projet «Evaluation et optimisation du potentiel de développement d'une culture oléagineuse à hautes performances énergétique et environnementale pour la production de biodiesel, le *Jatropha curcas*», Cirad, Enerbio, Fondation Tuck.
- Arif M., Sharma S. & Das S.C., 2007, Incidence of leaf miner on *Jatropha curcas* - A bio diesel plant in secunderabad. *J. Exp. Zoo. India*, **10**, 1, 107.
- Devappa R.K., Rajesh S., Kumar V., Makkar H.P.S. & Becker K., 2012, Activities of *Jatropha curcas* phorbol esters in various bioassays. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **78**, 57-62.
- Gagnaux P.C., 2009, Entomofauna associada à cultura da Jatrofa (*Jatropha curcas* L.) em Moçambique. *in: Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal Mozambique: Universidade Eduardo Mondlane*.
- Gao S.Q., Qu J., Chua N.H. & Ye J., 2010, A new strain of Indian cassava mosaic virus causes a mosaic disease in the biodiesel crop *Jatropha curcas*. *Arch. Virol.* **155**, 4, 607-612.
- Goel G., Makkar H.P.S., Francis G. & Becker K., 2007, Phorbol esters: Structure, biological activity, and toxicity in animals. *Int. J. Toxicol.* **26**, 4, 279-288.
- Grimm C., 1999, Evaluation of damage to physic nut (*Jatropha curcas*) by true bugs. *Entomol. Exp. Appl.* **92**, 2, 127-136.
- Grimm C. & Fuhrer E., 1998, Population dynamics of true bugs (Heteroptera) in physic nut (*Jatropha curcas*) plantations in Nicaragua. *J. Appl. Entomol.* **122**, 9-10, 515-521.
- Grimm C. & Somarriba A., 1999, Suitability of physic nut (*Jatropha curcas* L.) as single host plant for the leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* Dallas (Het., Coreidae). *J. Appl. Entomol.* **123**, 6, 347-350.
- Heller J., 1996, Physic nut. *Jatropha curcas* L., *in: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, International Plant Genetic Resources Institute, Rome*, 66 p.
- Heller J., 1992, Untersuchungen über genotypische Eigenschaften und Vermehrungs- und Anbauverfahren bei der Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.). Hamburg, 160 p.
- Horak M., 1997, The phycitine genera *Faveria* Walker, *Morosaphycita*, *gen. Nov.*, *Epicrocis* Zeller, *Ptyobathra* Turner and *Vinicia* Ragonat in Australia (Pyralidae: Phycitinae). *Invertebrate Taxonomy*, **11**, 3, 333-421.
- Hu H.R., Sun Y.C., Chen F. & Sun Q., 2009, Pathogen identification of *Jatropha curcas* L. wilt disease and screening of its fungicides. *J. Sichuan Univ.* **46**, 6, 1823-1827.
- Kaushik N., Sharma S. & Kaushik J.C., 2001, *Fusarium moniliforme* causing root rot of jatropha. *Indian Phytopathol.* **54**, 2, 275.
- Kumar A. & Sharma S., 2008, An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Ind. Crop. Prod.* **28**, 1, 1-10.
- Kumar S., Sharma S., Pathak D.V., Beniwal J., 2011, Integrated management of *Jatropha* root rot caused by *Rhizoctonia bataticola*. *J. Trop. For. Sci.* **23**, 1, 35-41.
- Latha P., Prakasham V., Kamalakannan A., Gopalakrishnan C., Raguchander T., Paramathma M. & Samiyappan R., 2009, First report of *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl causing root rot and collar rot disease of physic nut (*Jatropha curcas* L.) in India. *Australas. Plant Dis. Notes*, **4**, 19-20.
- Li C.Y., Devappa R.K., Liu J.X., Lv J.M., Makkar H.P.S. & Becker K., 2010, Toxicity of *Jatropha curcas* phorbol esters in mice. *Food Chem. Toxicol.* **48**, 620-625.
- Makkar H.P.S., Becker K., Sporer F. & Wink M., 1997, Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agr. Food Chem.* **45**, 3152-3157.
- Mergeai G., Communication personnelle.
- Narayana D.S.A., Shankarappa K.S., Govindappa M.R., Prameela H.A., Rao M.R.G. & Rangaswamy K.T., 2006, Natural occurrence of *Jatropha* mosaic virus disease in India. *Curr. Sci.* **91**, 5, 584-586.
- Nasibullina A., 2010, Natural control of *Pempelia morosalis* and other pests through habitat management in *Jatropha curcas* L. plantation in south-central Madagascar, Master thesis, Institute of Phytomedicine, University of Hohenheim.
- Otieno B. & Mwangi L., 2009, *Jatropha* under attack. A host of insect pests and diseases has been reported in Kenya. *MITI* **4**, 28-31.
- Pereira O.L., Dutra D.C. & Dias L.A.S., 2009, *Lasiodiplodia theobromae* is the causal agent of a damaging root and collar rot disease on the biofuel plant *Jatropha curcas* in Brazil. *Australas. Plant Dis. Notes* **4**, 120-123.
- Pestnet. <http://www.pestnet.org/SummariesofMessages/Crops/Plantationcrops/Jatropha/InsectsfromJatrophaCambodia.aspx>.
- Rahman M., Ahmad S.H., Mohamed M.T.M. & Rahman M.Z.A., 2011, Extraction of *Jatropha curcas* fruits for antifungal activity against anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) of papaya. *Afr. J. Biotechnol.* **10**, 48, 9796-9799.
- Rao C.S., Kumari M.P., Wani S.P. & Marimuthu S., 2011, Occurrence of black rot in *Jatropha curcas* L. plantations in India caused by *Botryosphaeria dothidea*. *Curr. Sci.* **100**, 10, 1547-1549.
- Rodrigues S.R., de Oliveira H.N., dos Santos W.T. & Abot A.R., 2011, Biological aspects and damage of *Pachycoris torridus* on physic nut plants. *Bragantia*, **70**, 2, 356-360.
- Rug M., Sporer F., Wink M., Liu S.Y., Henning R. & Ruppel A., 1997, Molluscicidal properties of *J. curcas* against vector snails of the human parasites *Schistosoma mansoni* and *S. japonicum* pp. 227-232, *in: Biofuel and Industrial Products from Jatropha curcas*. (G.M. Gübitz, M. Müllbacher & M. Trabi, eds.) Dv-Verlag Univ. Graz.
- Sajap A.S., 2010, First report of a field outbreak of leaf miner, *Stomphastis thraustica* meyrick (Lepidoptera: Gracillariidae) on bioenergy crop *Jatropha curcas* L. (euphorbiaceae) in Malaysia. *Serangga*, **15**, 1-2, 65-71.
- Saverys S., Toussaint A., Defrise L., van Rattinche K., Baudoin J.P., Terren M., Jacquet de Haveskercke P. & Mergeai G., 2008, Possible contributions of *Jatropha curcas* L. to rural poverty alleviation in Senegal: vision and facts. *Tropicicultura*, **26**, 2, 125-128.
- Shanker C. & Dhyani S.K., 2006, Insect pests of *Jatropha curcas* L. and the potential for their management. *Curr. Sci.* **91**, 2, 162-163.
- Sharma N. & Trivedi P.C., 2002, Screening of leaf extracts of some plants for their nematocidal and fungicidal properties against meloidogyne incognita and *Fusarium oxysporum*. *Asian J. Exp. Sci.* **16** (1-2), 21.
- Smet J., 2011, Bilan et perspectives des premières campagnes de plantation de *Jatropha curcas* L. en agriculture pluviale au niveau de Bambougar, Sénégal. Gembloux Agro Bio-Tech – Université de Liège, 73 p.
- Winandy S., 2009, Bilan et perspective d'essais préliminaires de plantation de *Jatropha curcas* L. au Sénégal, en culture pluviale à Dialacoto et en culture irriguée à Bokhol. Faculté universitaire des

Sciences agronomiques de Gembloux, 75 p.

38. Wink M., Grimm C., Koschmieder C., Sporer F. & Bergeot O., 2000, Sequestration of phorbol esters by the aposematically coloured bug *Pachycoris klugii* (Heteroptera: Scutelleridae) feeding on *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). *Chemoecology*, **10**, 4, 179-184.
39. Wu Y.K., Ou G.T. & Yu J.Y., 2011, First report of *Nectria haematococca* causing root rot disease of physic nut (*Jatropha curcas*) in China. *Australas. Plant Dis. Notes*, **6**, 39-42.
40. Xiao C.L., Zhou J.H., Guo H.X., Liu Y.G., Xiao Y.B. & Feng B., 2010, Biological characteristics of *Oncocera faecella* infesting *Jatropha curcas* and screening of pesticides. *Chin. Bull. Entomol.* **47**, 4, 773-778.
41. Xiao Y.B., Zhou J.H., Liu Y., Zhang D.K. & Feng B., 2009, Morphological and biological observations on *Stomphastis thraustica* Meyrick (Lepidoptera: Gracillariidae), a leaf miner of *Jatropha curcas*. *Acta Entomologica Sinica*, **52**, 2, 228.

---

M. Terren, Belgian, PhD student, Department of Tropical Plant Husbandry and Horticulture, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium.

C. De Clerck, Belgian, PhD student and research assistant, Plant Pathology Unit, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium.

H. Jijakli, Belgian, Professor and Responsible of Plant Pathology Research Laboratory, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium.

S. Savery, Belgian, CEO and Chairman, Durabilis NV, Gent, Belgium.

P. Jacquet de Haveskercke, Belgian, CEO and Director, Durabilis NV, Gent, Belgium.

S. Winandy, Belgian, Master in Agricultural Bioengineering, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium.

G. Mergeai, Belgian, Professor at the Department of Tropical Plant Husbandry and Horticulture, University of Liège/ Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium.

# Utilisation des espèces spontanées dans trois villages contigus du Sud du Burkina Faso

Y. Guigma<sup>1\*</sup>, P. Zerbo<sup>1</sup> & Jeanne Millogo-Rasolodimby<sup>1</sup>

Keywords: Ethnobotany- Spontaneous Species- Burkina Faso

## Résumé

Les espèces spontanées sont très importantes pour les populations des pays en développement. Pour enrichir les connaissances sur les espèces spontanées utiles, une série d'enquête ethnobotanique a été menée dans trois villages contigus du sud du Burkina Faso. Elle a permis d'identifier 147 espèces réparties en 117 genres et 52 familles. Les espèces ligneuses représentent 60% et les herbacées 40%. Cinquante pourcent des espèces utilisées appartiennent à sept familles: Poaceae, Caesalpiniaceae, Combretaceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Fabaceae et Anacardiaceae. Quarante-sept espèces sont utilisées en pharmacopée, 47 dans l'artisanat, 46 dans l'affouragement du bétail, 40 dans l'alimentation humaine et 21 pour fournir le feu. Dans tous les domaines d'utilisation, le calcul des indices d'utilisation a montré qu'il y a des espèces qui sont plus utilisées que d'autres. Ainsi, *Sarcocephalus latifolius* est l'espèce la plus utilisée en pharmacopée, *Parkia biglobosa* en alimentation humaine, *Azelia africana* pour l'affouragement, *Vitellaria paradoxa* dans l'artisanat et *Detarium microcarpum* comme combustible. L'évaluation de la diversité d'usage a révélé que les ligneux sont plus diversement utilisés que les herbacés. *V. paradoxa* est l'espèce la plus diversement utilisée. Les cinq premières espèces les plus utilisées sont: *V. paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica* et *Azelia africana*. Les résultats de cette étude constituent une base de données pour évaluer la disponibilité et la tendance évolutive des espèces très utilisées dans la localité.

## Introduction

La flore spontanée joue un rôle très important dans l'équilibre socio-économique des populations en développement. Cette flore sert de nourriture (18), de produits sanitaires (19), de matériels de construction (2), d'outils domestiques (2), de sources d'énergie (2) et contribue à diversifier les sources de revenus (5). Cependant, avec l'accroissement démographique et l'augmentation de la demande en produit végétaux, certaines espèces sont en voies de régression dans des localités précises. C'est le cas de *Bombax costatum*, *Boswellia dalzielii* et *Azelia africana* (14). Pour gé-

## Summary

### Use of Wild Plants Species in Three Adjoining Village Southern Burkina Faso

Wild species are very important for people in developing countries. To enrich the knowledge of useful wild species, series of ethnobotanical surveys was conducted in three adjoining villages of southern Burkina Faso. This survey has permitted to identify 147 species distributed in 117 genera and 52 families. Woody species represent 60% and grass 40%. Fifty percent of the species used belong to seven families: Poaceae, Caesalpiniaceae, Combretaceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Fabaceae and Anacardiaceae. Ninety-seven species are used in medicines, 47 for crafts, 46 for cattle feeding, 40 for human nutrition and 21 to provide fire. In all plants use categories, the calculation of index values showed that there are species that are used more than others. Thus, *Sarcocephalus latifolius* is the species most commonly used in medicines, *Parkia biglobosa* in human nutrition, *Azelia africana* in cattle feeding, *Vitellaria paradoxa* in crafts and *Detarium microcarpum* in wood fuel. The evaluation of the diversity of use revealed that wood species have high diversity of uses than herbaceous. *V. paradoxa* is the species most diversely used. The top five most used species are *V. paradoxa*, *P. biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica* and *A. africana*. The results of this study provide a database to assess the availability and the evolutionary trend of species widely used in the locality.

rer les espèces végétales spontanées, il est important de connaître les espèces utiles aux populations dans chaque espace géographique. Plus particulièrement au Sud du Burkina Faso, les études ethnobotaniques sont limitées (18), ce qui ne permet pas de connaître l'ensemble des espèces utilisées. Cette étude a pour objectif général de contribuer à la connaissance des espèces utilisées en zone soudanienne du Burkina Faso. Il s'agit de déterminer l'ensemble des espèces et des familles utilisées en alimentation humaine, dans la santé, l'alimentation du bétail, dans l'artisanat

<sup>1</sup>Université de Ouagadougou, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT) 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

\*Auteur correspondant: [yacouba.guigma@yahoo.fr](mailto:yacouba.guigma@yahoo.fr); Tel: 76 12 16

Reçu le 05.04.12 et accepté pour publication le 25.09.12.



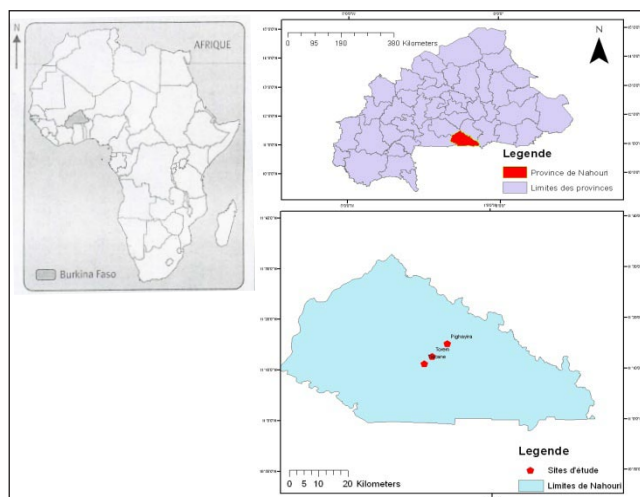


Figure 1: Carte de localisation du site d'étude.

et comme combustible, d'évaluer l'utilisation de la flore spontanées par rapport au potentiel floristique du sud du Burkina, de déterminer les espèces à utilisation diverses et d'évaluer la diversité d'utilisation des ligneux par rapport aux herbacées.

#### Localisation du site d'étude

L'étude s'est déroulée dans trois villages contigus (Pighyiri, Thorem et Tiakané) situés au sud du Burkina Faso dans la commune de Pô, province du Nahouri, Région du Centre sud. Ils sont localisés entre les latitudes 10°30' N et 11°30' N, et les longitudes 0,5° O et 20° O (Figure 1).

Les Kassenan représentent le groupe ethnique dominant dans cet espace géographique (6). En 2007, l'effectif de la population de ces trois villages est estimé à 2.972 habitants (6). Les femmes représentent environ 49% de la population (6). La majorité de cette population est animiste (6). La végétation est dominée par des savanes arbustives à *Terminalia avicenioides*, *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulatum* et des galeries forestières à *Anogeissus leiocarpus* et *Myrtagina inermis* (4). Le climat de la zone est caractérisé par une alternance de deux saisons: une saison humide (mai - octobre) et une saison sèche (novembre - avril). Les plus fortes pluviométries sont enregistrées dans le mois d'août. La température moyenne annuelle se situe autour de 28 °C; les maxima fluctuent entre 34 et 35 °C et les minima entre 21 et 23 °C (6). L'altitude moyenne avoisine 280 m et le couvert géomorphologique est dominé par des formations granitiques (6). Deux types de sols sont dominants dans la zone: les sols ferrugineux lessivés sur matériaux sableux, sablo-argileux ou hydromorphes et les sols gravillonnaires peu évolués (4).

#### Collecte des données

En prélude aux enquêtes, différentes rencontres informelles ont eu lieu avec les responsables desdits villages. Le but de ces rencontres était de leur com-

muniquer les objectifs de la recherche et de pré-tester nos questionnaires élaborés. La méthode adoptée était basée sur les interviews semis-directes à partir du questionnaire. Les informations recherchées concernaient les espèces spontanées utilisées, en médecine traditionnelle, en alimentation humaine, en alimentation de bétail, dans l'artisanat et comme combustible. Trois scores d'utilisation ont été fixés pour apprécier le niveau d'utilisation des espèces (1): Au total, 150 personnes dont 50 par village ont été interviewées. Elles étaient toutes âgées d'au moins 40 ans et résidaient dans la zone. Cette tranche d'âge possède une bonne connaissance des utilisations des espèces spontanées. Des échantillons d'herbiers de chaque espèce utilisée ont été récoltés.

#### Analyse des données

Pour l'identification des plantes, les échantillons d'herbier collectés ont été comparés aux spécimens de l'herbier de l'Université de Ouagadougou (Herbier OUA) et aux flores de l'Afrique de l'Ouest (7). La nomenclature adoptée est celle du Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso (12).

L'évaluation du niveau d'utilisation de la flore spontanée s'est faite en rapportant le nombre d'espèces utilisées au nombre d'espèces spontanées du sud Burkina Faso (4).

L'indice d'utilisation de chaque espèce a été calculé dans tous les domaines. L'indice d'utilisation (IU) de chaque espèce a été calculé à partir de la somme des scores moyens d'utilisation de ses organes (1, 13).

$$IU = \sum \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^3 Si \right)$$

avec IU: Indice d'utilisation;

N: Nombre de personnes enquêtées (150);

Si: score attribué à l'utilisation de l'organe de l'espèce par chaque enquêté,

Si= {1, 2, 3}.

Pour évaluer la diversité d'usage, les espèces ont été regroupées en cinq groupes suivant leur nombre d'usages (1 à 5). La diversité d'usage des espèces ligneuses et des espèces herbacées a été évaluée en développant une approche similaire à l'évaluation de la diversité d'utilisation d'une espèce (13, 17).

$$UD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^5 NUi$$

UD: diversité d'utilisation de la flore (ligneuses, herbacées, herbacées + ligneuses);

N: nombre total d'espèces;

NUi: nombre d'utilisation de chaque espèce, NUi= {1, 2, 3, 4, 5};

La comparaison des diversités d'utilisation entre ligneux et herbacées s'est fait en utilisant le test Z, à P= 0,05 (11).

## Résultats

### Nombre d'espèces et de familles utilisées

L'enquête nous a permis d'identifier 147 espèces utilisées. Ce qui représente 14% des espèces spontanées du Sud du Burkina Faso. Les espèces utilisées se répartissent en 117 genres et 52 familles. Les familles les plus représentées sont: les Poaceae, les Caesalpiniaceae, les Combretaceae, les Mimosaceae, les Fabaceae, les Rubiaceae et les Anacardiaceae (Figure 2). Cinquante pourcent des espèces utilisées appartiennent à ces sept familles. Parmi les espèces utilisées, les ligneux représentent 60% et les herbacées 40%(\*).

### Espèces utilisées par domaine

Quatre-vingt dix-sept espèces sont utilisées en pharmacopée, 47 en artisanat, 46 dans

l'affouragement du bétail, 40 en alimentation humaine et 21 comme combustible.

Les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation médicinales sont: *Sarcocephalus latifolius*, *Vitellaria paradoxa*, *Tinospora bakis*, *Parkia biglobosa*, *Crossopteryx febrifuga*, *Sclerocarya birrea*, *Opilia celtidifolia*, *Guiera senegalensis*, *Khaya senegalensis*, *Erythrina senegalensis* et *Cassia sieberiana*.

Les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation alimentaires sont: *Parkia biglobosa* (fruits, graines), *Tamarindus indica* (fruits et feuilles), *Adansonia digitata* (fruits et feuilles), *Vitellaria paradoxa* (fruits et graines), *Annona senegalensis* (fruits et fleurs), *Vitex doniana* (fruits et feuilles), *Hibiscus cannabinus* (feuilles), *Bombax costatum*, *Saba senegalensis* (fruits) et *Detarium microcarpum* (fruits).

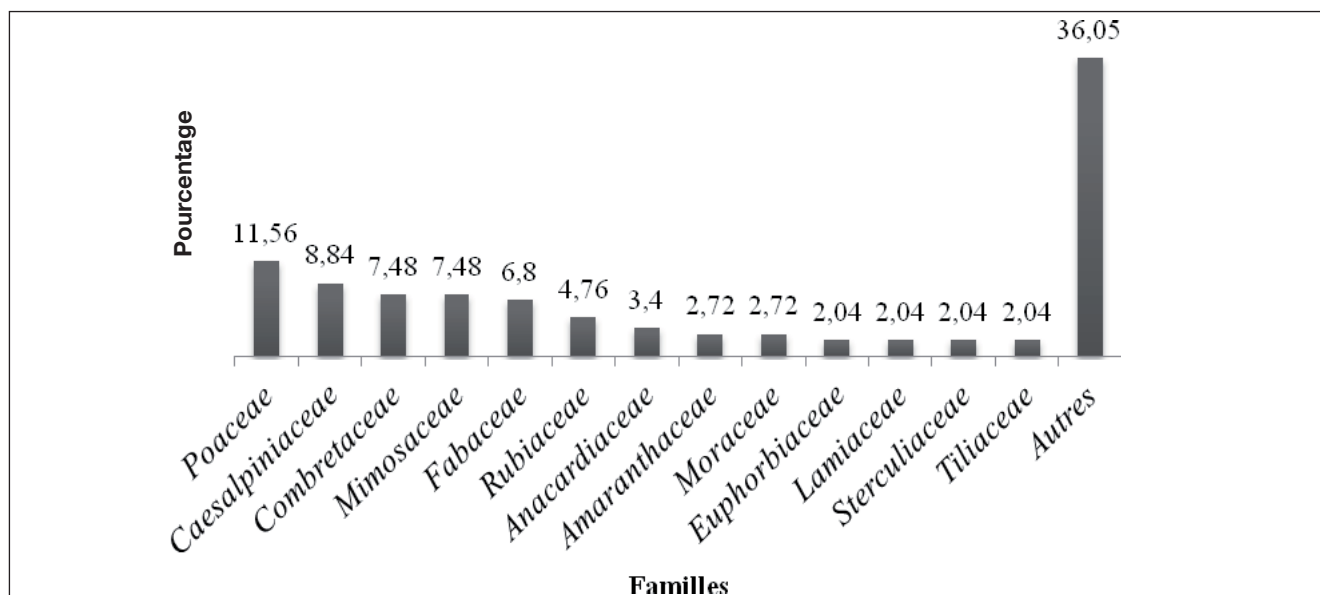


Figure 2: Répartition des familles selon leur pourcentage d'espèces utilisées.

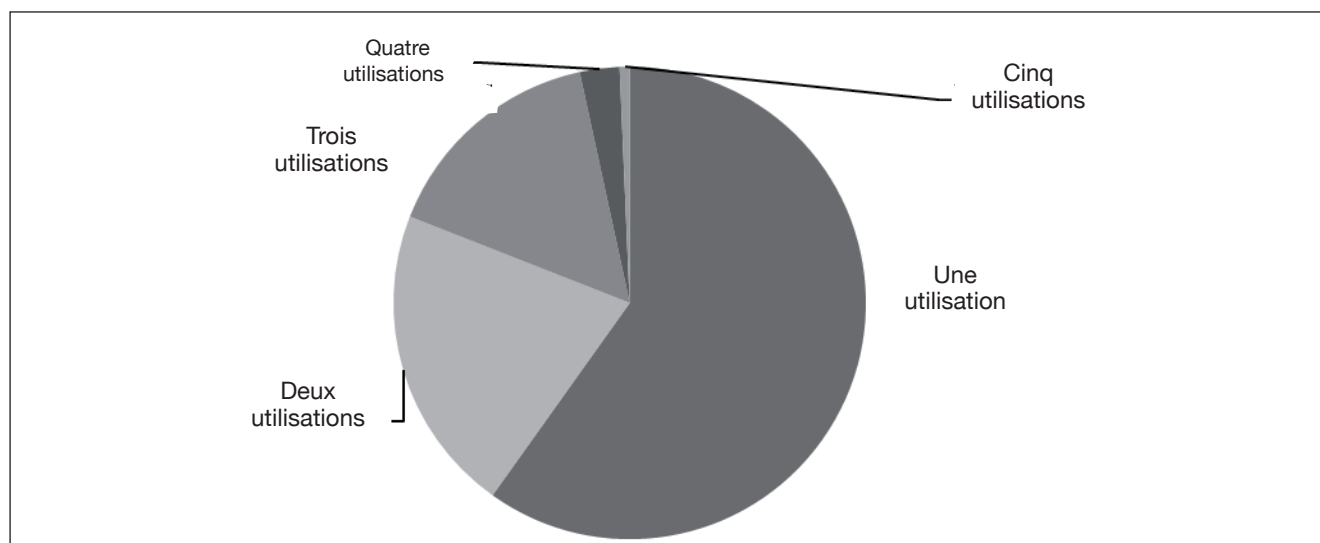


Figure 3: Répartition des espèces selon leur diversité d'utilisation.

(\* ) Un tableau des espèces utilisées et leurs indices d'utilisations est disponible sur simple demande auprès de l'auteur.

Les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation combustibles sont: *Detarium microcarpum*, *Vitellaria paradoxa*, *Terminalia macroptera*, *Terminalia laxiflora*, *Isobertinia doka*, *Piliostigma reticulatum*, *Combretum nigricans* et *Combretum glutinosum*. Les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation artisanale sont: *Vitellaria paradoxa*, *Hibiscus cannabinus*, *Flueggea virosa*, *Eragrostis tremula*, *Azadirachta indica*, *Anogeissus leiocarpus*, *Andropogon gayanus*, *Mitragyna inermis*, *Khaya senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Lagenaria siceraria*, *Indigofera tinctoria* et *Tamarindus indica*. *Azalia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Khaya senegalensis*, *Gardenia erubescens*, *Ficus sycomorus*, *Piliostigma reticulatum* et *Zornia glochidiata* sont les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation fourragère .

### Diversité d'utilisation des espèces

Parmi les 147 espèces, 88 ont une seule utilisation (Figure 3).

Cependant *Vitellaria paradoxa* possède cinq usages et *Azalia africana*, *Khaya senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Piliostigma thonningii*, quatre usages. Les principales espèces à trois usages sont *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Daniellia oliveri*, *Detarium microcarpum*, *Annona senegalensis*, *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon schoenanthus* et *Anogeissus leiocarpus*. La diversité d'utilisation est très significativement différente entre les espèces ligneuses et les espèces herbacées ( $|Z_o| = 8,90 > |Z_a| = 1,96$ ). Les ligneux possèdent la plus forte valeur

de diversité d'utilisation par rapport aux herbacées (Tableau 1). Aucune espèce herbacée ne possède quatre ou cinq utilisations différentes (Tableau 1).

### Espèces à forte indice d'utilisation totale

Les espèces qui possèdent les plus fortes indices d'utilisation totale sont: *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica*, *Azalia africana*, *Daniellia oliveri*, *Detarium microcarpum*, *Annona senegalensis*, *Andropogon gayanus*, *Piliostigma reticulatum*, *Hibiscus cannabinus*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Anogeissus leiocarpus*, *Lannea acida* et *Adansonia digitata*.

### Discussion

Les 147 espèces utilisées restent largement inférieure au potentiel floristique soudanien (4). Les habitants sélectionnent dans la flore, les espèces qu'ils jugent aptes à les servir. Dans chaque domaine, il y a des espèces très utilisées par rapport aux autres. Les espèces très utilisées possèdent de bonnes propriétés biologiques, ce qui motive la population à les utiliser. Ces propriétés sont essentiellement la valeur nutritive (3), les propriétés thérapeutiques (13, 20), la qualité du bois (2) et la richesse en fibre (2). Les familles botaniques les plus représentées sont abondantes (4, 12) dans la flore et représentent de véritables ressources végétales pour la population.

En médecine traditionnelle, les espèces les plus utilisées interviennent dans le traitement de pathologies récurrentes telles que la fièvre, les maladies digestives, les courbatures et les maladies respiratoires. Les espèces médicinales utilisées dans la localité sont différentes de celles identifiées dans d'autres zones du Burkina Faso (19). En effet, la forte utilisation de *Tinospora bakis*, *Cassia sieberiana*, *Sclerocrya birrea* et *Opilia celtidifolia* n'a été mentionnée dans aucune étude ethnobotanique antérieure. Cette faible conformité des connaissances médicinales des espèces est due à la spécificité du domaine de la médecine traditionnelle et de la situation géographique. En effet, chaque peuple possède ses propres pratiques ethnomédicales (19) et chaque espèce occupe une aire de répartition précise.

Les espèces les plus utilisées en alimentation humaine possèdent de bonnes valeurs nutritives, deux organes alimentaires et sont très appréciées par la population. Les principales espèces fruitières recensées se retrouvent parmi les plus consommées des savanes ouest africaines (9, 10). Il s'agit de *Detarium microcarpum*, *Vitellaria paradoxa*, *Saba senegalensis*, *Adansonia digitata*, *Diospyros mespiliformis* et de *Vitex doniana*. L'accès facile et le goût de ces fruits seraient à la base de leur choix par les populations. Les feuilles de *Adansonia digitata*, *Vitex doniana*, *Tamarindus indica*, *Corchorus olitorius*, *Crateva adansonii* et *Azalia africana* sont aussi consommées dans d'autres espaces géographiques (8, 9, 16,

**Tableau 1**  
Diversité d'utilisation des espèces

Diversité d'utilisation	Ensemble des espèces	Espèces ligneuses	Espèces herbacées
UD	1,65 ± 0,91	1,93 ± 1,01	1,23 ± 0,49
NAU	88	38	50
NAD	31	23	8
NAT	23	21	2
NAQ	4	4	0
NAC	1	1	0
NTE	147	87	60

Légende:

UD= diversité d'utilisation;

NAU: Nombre d'espèces ayant une utilisation;

NAD: Nombre d'espèces ayant deux utilisations;

NAT: Nombre d'espèces ayant trois utilisations;

NAQ: Nombre d'espèces ayant quatre utilisations;

NAC: Nombre d'espèces ayant cinq utilisations;

NTE: Nombre total d'espèces.

17). Toutefois, le cas de *Hibiscus cannabinus* est à souligner; c'est une espèce très consommée pour les feuilles mais qui restent rarement citée comme plante hautement alimentaire.

Les espèces qui possèdent les plus fort indices d'utilisation fourragères possèdent de très bonne valeur bromatologiques et sont très appréciées par le bétail (8, 15). *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Pennisetum pedicellatum*, et *Daniellia oliveri* ont été également répertoriées dans d'autres zones soudaniennes (9, 8, 15). Ce sont des espèces très importantes pour les pâturages soudaniens.

En artisanat les espèces les plus utilisées sont faciles à modeler pour obtenir des charpentes, des outils champêtres, des instruments de musiques et des ustensiles de cuisine (2). La comparaison de nos résultats avec des travaux réalisés sur l'exploitation artisanale (2, 17) des espèces montre que les espèces utilisées sont très diversifiées et peu conformes. Par exemple, *Vitellaria paradoxa*, *Hibiscus cannabinus*, *Lannea acida* ne figurent pas parmi les espèces à haute importance artisanale au sahel, alors que dans la zone où s'est déroulée notre étude ce sont des espèces incontournables dans l'artisanat.

Les espèces les plus utilisées comme combustible sont très appréciées pour leur bois. Cependant ce sont des espèces surexploitées. Le bois est la principale ressource énergétique utilisée par la population. *Detarium microcarpum* et *Vitellaria paradoxa* sont régulièrement utilisées pour couvrir les besoins énergétiques. Leur utilisation ne se limite pas seulement dans cette localité. Ces deux espèces ont été également citées comme espèces hautement utilisées comme bois énergie par les populations des savanes ouest africaines (9, 10, 18). Parallèlement, ce sont des espèces très utiles en alimentation humaine. L'exploitation de leur bois pourrait donc entraîner une baisse de leur production alimentaire et la production alimentaire de la flore spontanée de manière générale.

Le nombre d'espèces alimentaire est faible par rapport au nombre d'espèces médicinales. De tels résultats ont été observés dans d'autres localités (5, 18). Il est plus facile de trouver une espèce qui possède des vertus médicinales qu'alimentaires. Toutes les espèces ne possèdent pas les mêmes potentialités d'utilisation. Certaines espèces sont utiles uniquement dans un domaine, d'autres dans plusieurs domaines à la fois. Les ligneux ont une organisation biologique complexe comparativement aux herbacées (16). Ils produisent divers organes (écorce, fruits, feuilles, fleurs, racines, bois, graines) d'où leur usage dans l'alimentation, la pharmacopée, l'artisanat, le fourrage et comme combustible. *Vitellaria paradoxa* est une espèce exceptionnelle pour la population. Elle intervient dans tous les domaines et possède une très haute importance pour la population. D'autres travaux ethnobotaniques (5, 10, 18) ont également

souligné l'importance de cette espèce pour les populations subsahariennes. Parmi les espèces à utilisation diverses, *Piliostigma reticulatum*, *Piliostigma thonningii*, *Opilia celtidifolia* et *Cassia sieberiana* sont peu mentionnées dans la littérature. Ces quatre espèces font partie des espèces à haute importance pour la population de la localité. La population prélève divers organes sur les espèces à utilisation diverses. Chaque partie exploitée a un inconvénient sur la survie de l'espèce. La surexploitation des organes végétatifs (racines, feuilles, écorces, bois) entraînent des désordres physiologiques et une baisse de productivité. L'utilisation des graines et des fleurs empêche la régénération séminale des espèces (18). De ce fait, toutes les espèces à utilisations diverses et aux indices élevés d'utilisation méritent des regards particuliers dans les stratégies de gestion des espèces spontanées.

## Conclusion

Entre les latitudes 10°30' N et 11°30' N, et les longitudes 0,5° O et 20° O, il y a 147 espèces spontanées qui sont utilisées. Ces espèces appartiennent à 117 genres et 52 familles. Les familles qui contiennent un nombre élevé d'espèces utilisées sont les Poaceae, les Caesalpiniaceae, les Combretaceae, les Mimosaceae, les Rubiaceae, les Fabaceae et les Anacardiaceae. Cinquante pourcent des espèces utilisées appartiennent à ces familles. Ces espèces sont utilisées en alimentation humaine, en médecine traditionnelle, pour l'affouragement du bétail, pour l'artisanat et pour couvrir les besoins énergétiques. Dans chaque domaine d'utilisation, il y a des espèces très utilisées par rapport aux autres. Ces types d'espèces ont des propriétés biologiques intéressantes pour la population. Les espèces ligneuses sont plus diversement utilisées que les herbacées. Les espèces ligneuses occupent une place très importante dans l'utilisation de la flore spontanée. *Vitellaria paradoxa* est l'espèce la plus diversement utilisée, et possède également le plus fort indice d'utilisation. Parmi les 147 espèces utilisées, 88 ont au moins une utilisation médicinale. *Detarium microcarpum* et *Vitellaria paradoxa* sont les principales espèces utilisées comme combustible; il y a une très forte pression d'exploitation de leur bois. Dans le domaine de l'alimentation humaine, les espèces les plus utilisées sont à peu près les mêmes que celles obtenues dans des travaux ethnobotaniques antérieurs. Par contre les espèces utilisées en pharmacopée et dans l'artisanat sont différentes des études menées sur d'autres localités. Une étude sur la régénération, la disponibilité et les modes de gestion de l'ensemble des espèces les plus utilisées permettront de préciser clairement leur tendance évolutive. L'extension des enquêtes ethnobotaniques à plusieurs autres localités nous permettra de connaître le maximum de plantes utilisées par les populations soudaniennes.

## Remerciements

Nous remercions la population de Pighyiri, Thorem, Tiakané pour leur collaboration dans la réalisation du travail, I. Ouédraogo pour la réalisation de la carte et

l'ensemble des lecteurs anonymes pour leurs suggestions et recommandations dans l'amélioration de la qualité de l'article.

## Références bibliographiques

- Evert T., Ina V. & Van Damme P., 2009, Valuation of forest and plant species in indigenous territory and national park Isiboro-Sécure, Bolivia. *Economic Botany*, XX, X, 1-13.
- Ganaba S., Ouadba J.M. & Bognounou O., 2005, Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région Sahélienne du Burkina Faso. *Vertig* O 6, 2.
- Glew R.H., Vanderjagt D., Cassius J.L., Grivetti L.E., Smith G.C., Pastuszyn A. & Millson M., 1997, Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. *Journal of Food composition and analysis*, 10, 205-217.
- Guinko S., 1984, Végétation de la Haute Volta. Thèse Doct. Sci. Nat., Université de Bordeaux III, Tome I, 394 p.
- Heubach K., 2012, The socio-economic importance of non-timber forest products for rural livelihoods in West African savanna ecosystems: current status and futur trends. *Biological Sciences*. Goethe-University Frankfurt, Frankfurt am Main, 153 p.
- INSD, 2007. *Annuaire statistique*. 433 p.
- Hutshinson J. & Dalziel M., 1954-1972, *Flora of West Tropical Africa*. Vol. I-III. Crown Agents London.
- Kaboré-Zoungrana C.Y., 1995, Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudaniens et des sous-produits du Burkina Faso. *Doct. Sc. Nat., Fast., Uni-Ouaga*, 224 pages + annexes.
- Koadima M., 2008, Inventaire des espèces ligneuses utilitaires du Parc W et terroirs riverains du Burkina Faso et état des populations de trois espèces à grande valeur socio-économique. Mémoire de Diplôme de DEA, Université de Ouagadougou, Laboratoire de Biol. et Ecol. Végét. 56 p.
- Kristensen M. & Lykke A.M., 2003, Informant-based valuation of use and conservation preferences of savanna trees in Burkina Faso. *Economic Botan.* 57, 203-217.
- Labarere J., 2010, Tests paramétriques de comparaison de 2 moyennes. *Biostatistiques*, Université Joseph Fourier de Grenoble, TICE, 47 p.
- Lebrun J.P., Toutain B., Gaston A. & Boudet G., 1991. *Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso*. 341 p.
- Monteiro J.M., Albuquerque U.P.d., Lins-Neto E.M.de Araújo E.L. & Amorim E.L., 2006, Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. *J. Ethnopharmacol.* 105, 173-186.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. & Guinko S., 2006, Diagnostic des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, 4, 485-91.
- Ouédraogo-Koné S., Kaboré-Zoungrana C.M. & Ledin I., 2008, Important characteristics of some browse species. *Agroforest Syst.* 74, 213-221.
- Ozenda P., 2000, *Les végétaux: organisation et diversité biologique*. 2<sup>ème</sup> Eds, Duodod, 516 p.
- Schumann K., Wittig R., Thiombiano A., Becker U. & Hahn K., 2012, Uses, management, and population status of the baobab in eastern Burkina Faso. *Agroforest Syst.* 85, 263-278.
- Taita P., 2003, Use of woody plants by locals *in*: Mare aux hippopotames Biosphere Reserve in western Burkina Faso. *Biodiv. and Conserv.* 12, 1205-1217.
- Zerbo P., Millogo-Rasolodimby J., Nacoulma-Ouédraogo O., Van Damme P., 2011, Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso: cas des sanan. *Bois et Forêts des Tropiques*, 307, 47-53.
- Zirih G.N., Mambou A.L. & Traoré D., 2007, Enquête ethnobotanique dans le département d'Issia (Côte d'Ivoire), Evaluation de l'activité antiplasmodiale des plantes antipaludiques recensées et fractionnement bio-guidé des extraits les plus actifs. *Ann. Bot. Afr. Ouest*, 4, 47-57.

Y. Guigma, Burkinabè, Doctorant à l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

P. Zerbo, Burkinabè, Maître-assistant des Universités (CAMES), Enseignant-chercheur à l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

Jeanne Millogo-Rasolodimby, Burkinabè, Professeur Titulaire des Université (CAMES), Enseignante-chercheur à l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

# Évaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Béliér (Côte d'Ivoire)

G.F. Zro Bi<sup>1</sup>, A. Yao-Kouamé<sup>1</sup> & K.F. Kouamé<sup>1</sup>

Keywords: GIS- Evaluation- Fertility- Hydromorphic soils- Region of Belier- Ivory Coast

## Résumé

*En Côte d'Ivoire, et particulièrement dans la région du Béliér, la question de l'évaluation de la fertilité rizicole des sols hydromorphes est devenue une priorité, car, ces sols, qui sont en général propices pour cette spéculature sont très souvent laissés à l'abandon par les riziculteurs. Ainsi, dans cette étude, ces sols ont été décrits in situ et des échantillons ont été analysés au laboratoire. Les données résultantes ont été traitées statistiquement et comparées à des données seuils avant d'être intégrées les unes aux autres, à l'aide d'un SIG, en vue de l'évaluation de leur fertilité rizicole. Il en est ressorti que 40%, 50% et 10% de ces sols, qui couvrent une superficie totale estimée à 474,06 km<sup>2</sup>, sont, respectivement, défavorables, peu favorables et favorables à la culture du riz irrigué.*

## Summary

### Statistical and Spatial Evaluation of the Belier Region (Ivory Coast) Hydromorphic Soils Fertility for Paddy Field Cultivation

*In the region of Belier localized in the centre of Ivory Coast, the agricultural production can be increased and diversified thanks to hydromorphic soils, but these soils are deserted most of the times by farmers. So, it appears very important to evaluate the fertility of these soils, in particular their fertility for paddy field cultivation. The method we adopted is based on parametric method of soils evaluation using GIS. The results show that 40%, 50% and 10% of the whole studied soils which covers 474,06 km<sup>2</sup>, are, respectively, not favourable, little favourable and very favourable for paddy field cultivation.*

## 1. Introduction

La Côte d'Ivoire regorge de nombreux atouts agro-économiques, liés à l'existence des sols hydromorphes (gleysols), qui offrent, en général, des garanties d'eau durant toute l'année, contribuant ainsi, à diminuer la pression croissante subie par les terres exondées et aussi, à favoriser une intensification et une diversification de la production agricole vivrière. Malheureusement, la plupart de ces sols sont abandonnés pour des raisons diverses. Cette étude a été réalisée pour évaluer la fertilité rizicole d'un certain nombre de ces sols dans la région du Béliér afin de déterminer les contraintes intrinsèques à ces sols, qui sont à l'origine de leur abandon. Pour ce faire, des données d'analyse de ces sols ont été traitées statistiquement, géoréférencées, comparées à des données seuils, qui sont celles utilisées, en général, comme références en agronomie (10, 11), puis, combinées dans un SIG, pour établir des cartes thématiques, qui mettent en évidence les potentialités et les contraintes de ces sols vis-à-vis de la culture du riz irrigué.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude (Figure 1) fait partie de la région du

Béliér localisée au centre de la Côte d'Ivoire. Elle couvre une superficie de 2.097,6 km<sup>2</sup>, délimitée par les longitudes 5°24' W et 5° W et les latitudes 6°40' N et 7°12' N. Deux principales formations géologiques caractérisent la zone (16): les roches magmatiques constituées par les granitoïdes éburnéens et les roches volcano-sédimentaires du Birrimien. Les sols brunifiés (cambisols) sont présents à l'extrême Sud-Est où ils occupent tout au plus 10% de la zone. Le reste est couvert par les sols ferrallitiques (ferralsols). Les sols hydromorphes (gleysols), qui couvrent une superficie cumulée d'environ 474,06 km<sup>2</sup>; soit 22,6% de la couverture pédologique totale (18), sont disséminés au sein de ces principales classes de sols lorsque les conditions de leur formation sont établies. Le climat de la zone ou climat "Baouléen" est un climat tropical humide de transition entre le climat équatorial humide au Sud et le climat tropical humide au Nord. Ce climat se caractérise par une pluviométrie annuelle moyenne qui varie de 1.000 à 1.400 mm (3). Le tiers de la zone est drainée vers le Sud-Ouest, en direction du fleuve Bandama quand les eaux de la partie restante s'écoulent vers l'Est, en direction de la rivière Kan.

### 2.2. Méthode

Pour commencer, 60 fosses pédologiques, à raison

<sup>1</sup> Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) / Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. Téléphone: (225) 06 36 14 88.

\*Correspondant: zraubi@yahoo.fr

Reçu le 09.01.12 et accepté pour publication le 17.10.12.

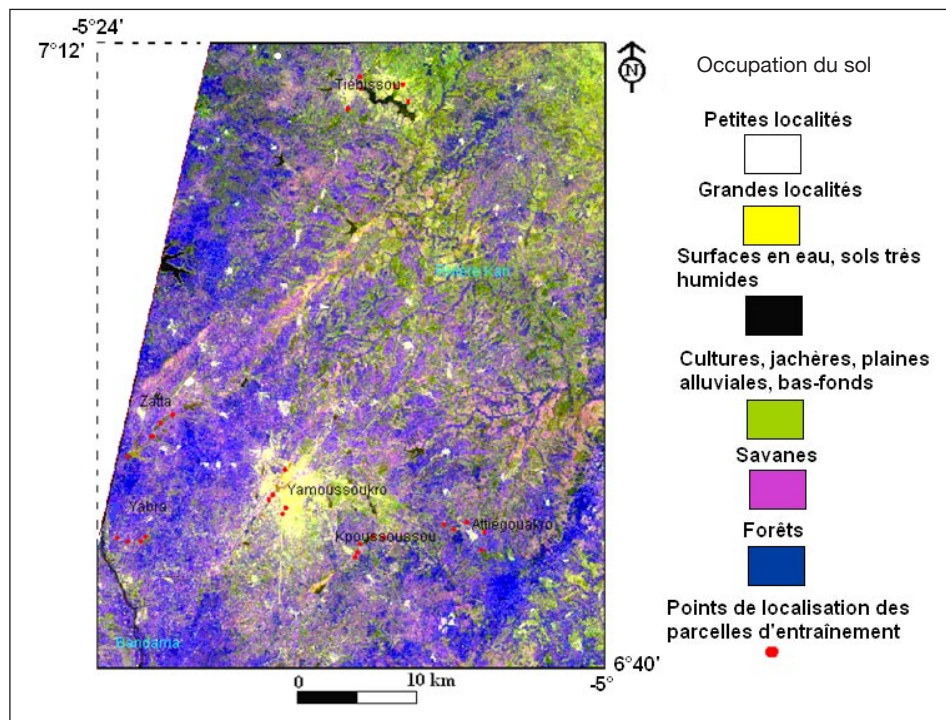


Figure 1: Composition colorée RVB (MN<sub>1</sub>, MN<sub>2</sub>, MN<sub>3</sub>) des composantes de MNF (Minimum Noise Fraction) calculées à partir de 9 bandes (VNIR et SWIR) ASTER par un processus de réduction du bruit et de compression de l'information dans un nombre réduit de bandes.

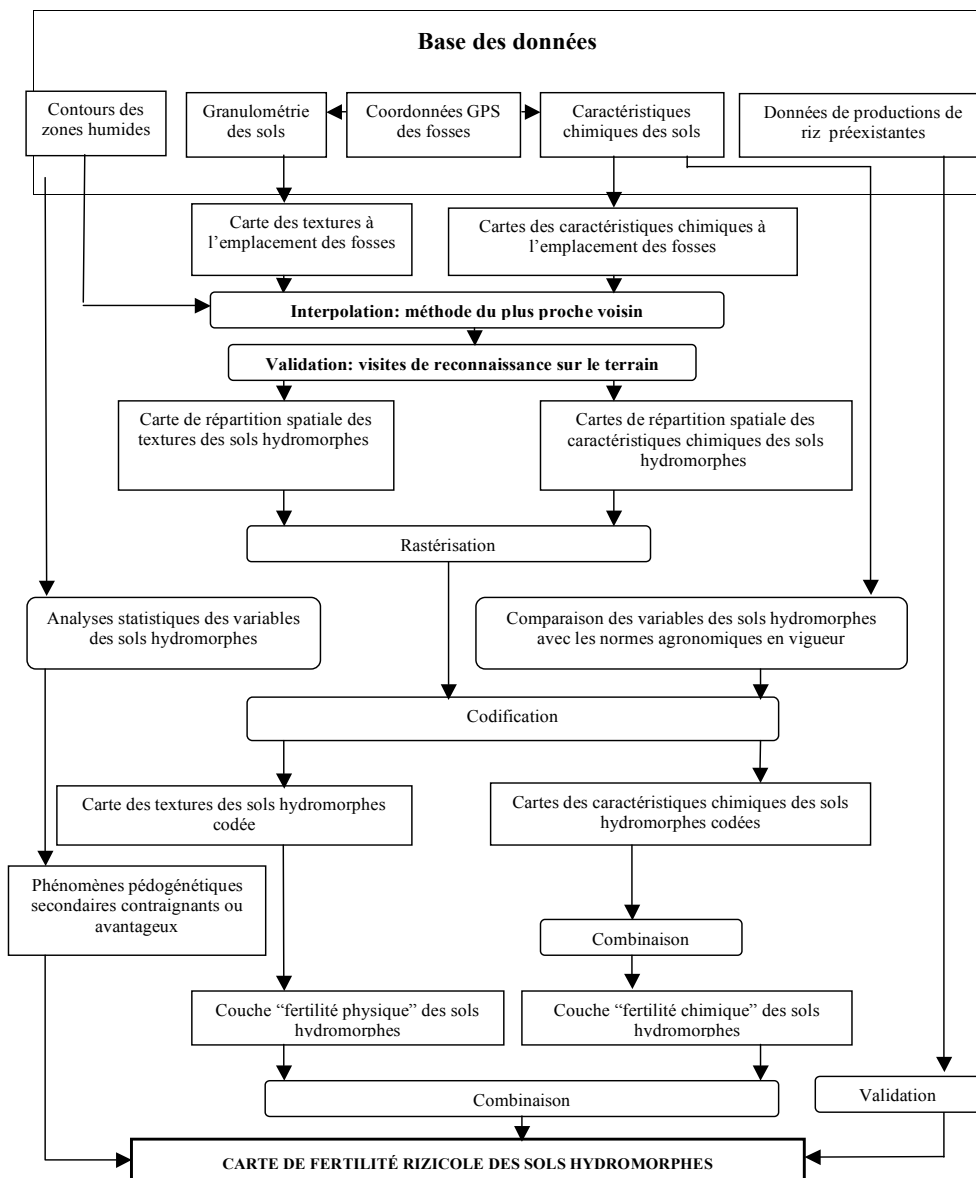


Figure 2: Modèle conceptuel des données pour l'évaluation de la fertilité rizicole des sols hydromorphes étudiés.

de 10 fosses par site, ont été ouvertes et décrites sur 6 sites différents, repérés sur des images satellitaires ASTER (18), principalement pour leur facilité d'accès. À l'emplacement des fosses, des coordonnées géographiques, à l'aide d'un GPS de marque "Garmin GPS V", ont été mesurées avec une précision moyenne de 2,5 m. Les prélèvements d'échantillons ont été effectués en observant les dispositions prévues à cet effet, pour le cas des sols cultivés (7). En définitive, 24 échantillons de sol, soit 4 échantillons par site, provenant de 24 fosses différentes, qui sont avérées représentatives de l'ensemble des sols prospectés, ont été analysés au laboratoire; ainsi, sur chacun de ces échantillons, diverses caractéristiques des sols (la texture, le pH, les taux d'azote total, de phosphore assimilable, de potassium échangeable, de carbone organique et de fer, la CEC et le rapport C/N) ont été recueillies. Ces données ont subi, à l'aide du logiciel XLSTAT (15), des traitements statistiques (matrices de corrélations de type Pearson et le test de Student à  $p < 0,05$ ); en vue d'apprécier leur qualité d'ensemble (17). La méthode appliquée ensuite (Figure 2), grâce au logiciel SIG ARCVIEW 3.2 (8), pour déterminer la fertilité rizicole des sols, repose sur le principe de l'évaluation des terres, suivant la méthode paramétrique (14). Pour ce faire, une interpolation des variables des sols mesurées à partir des 24 fosses représentatives, a été réalisée sur l'ensemble des sols étudiés, par la méthode du plus proche voisin; la résolution spatiale a été fixée à 15 m, identique à celle des images

**Tableau 1**  
Valeurs indicatives des taux des éléments assimilables majeurs dans les sols de riziculture irriguée (10)

Variables des sols	Seuils	Signification agronomique
Taux d'azote total (N) en g/kg	$N < 0,75$	Sol très pauvre
	$0,75 \leq N \leq 1,25$	Sol pauvre
	$1,25 < N \leq 1,75$	Sol moyennement pourvu
	$1,75 < N \leq 2,25$	Sol riche
	$N > 2,25$	Sol très riche
Taux de phosphore assimilable (P) en g/kg	$P < 0,1$	Sol très pauvre
	$0,1 \leq P \leq 0,2$	Sol pauvre
	$0,2 < P \leq 0,3$	Sol moyennement pourvu
	$0,3 < P \leq 0,4$	Sol riche
Taux de potassium échangeable (K) en g/kg	$P > 0,4$	Sol très riche
	$K < 0,1$	Sol très pauvre
	$0,1 \leq K \leq 0,2$	Sol pauvre
Taux de potassium échangeable (K) en g/kg	$0,2 < K \leq 0,3$	Sol moyennement pourvu
	$0,3 < K \leq 0,45$	Sol riche
	$K > 0,45$	Sol très riche

ASTER qui ont servi à cartographier ces sols (18); les couches obtenues, qui sont des cartes thématiques monofactorielles, décrivent les répartitions spatiales d'une seule variable à la fois; elles présentent des zones homogènes définies automatiquement, par référence aux valeurs seuils des propriétés des sols (10, 11) communiquées au logiciel; ces valeurs seuils sont synthétisées dans les tableaux 1 et 2.

**Tableau 2**  
Synthèse des seuils des taux des matières organiques, du rapport C/N, de la CEC et du pH dans les sols en général (11)

Variables des sols	Seuils	Signification agronomique	
Taux des matières organiques (MO) en g/kg	$MO < 14$	Sol très pauvre	
	$14 \leq MO < 20$	Sol pauvre	
	$20 \leq MO < 30$	Argile < 220 g/kg	Sol bien pourvu
		$220 \text{ g/kg} < \text{Argile} < 300 \text{ g/kg}$ (ou teneur en argile inconnue)	Sol moyennement pourvu
		Argile > 300 g/kg	Sol pauvre
$30 \leq MO < 40$	Sol bien pourvu		
$MO \geq 40$	Teneur élevée		
Rapports C/N	$C/N < 15$	Vitesse de décomposition de la matière organique croissante; besoins en azote non couverts	
	$15 \leq C/N < 20$	Bonne vitesse de décomposition des matières organiques; besoins en azote couverts	
	$C/N \geq 20$	Besoins en azote non couverts pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée	
Valeur des CEC en cmole (+)/kg	$CEC < 9$	Réserve minérale faible	
	$9 \leq CEC \leq 12$	Réserve minérale moyenne	
	$12 < CEC \leq 15$	Réserve minérale assez élevée	
	$15 < CEC \leq 25$	Réserve minérale élevée	
	$CEC > 25$	Réserve minérale très élevée	
pH	$pH \leq 5,5$	Sol très acide	
	$5,5 < pH \leq 6$	Sol acide	
	$6 < pH \leq 6,5$	Sol peu acide	
	$6,5 < pH \leq 7$	Sol neutre	
	$7 < pH \leq 7,5$	Sol peu alcalin	
	$pH > 7,5$	Sol alcalin (basique)	



La combinaison des couches monofactorielles, en vue d'établir des cartes thématiques plurifactorielles, a nécessité l'attribution d'un code à chaque zone homogène; ces codes traduisent la performance des classes de sol dans la satisfaction de l'exigence de la culture du riz irrigué; leurs valeurs sont croissantes selon que les classes correspondantes sont de plus en plus favorables; les valeurs croissantes des descriptifs "défavorable", "peu favorable" et "favorable" qui leur ont été associés, sont traduites, dans cet ordre, par les chiffres, 1, 2 et 3. Ainsi, le processus de détermination de la fertilité chimique des sols qui a suivi a fait intervenir 8 critères. Mais ici, sont présentées les séries de codes "1; 2; 3", "10; 20; 30" et "100; 200; 300" qui ont été attribuées aux classes de sol appartenant à 3 de ces critères (la CEC et les taux d'azote et de phosphore). On remarque alors que, la classe codée "313" résultant de la combinaison de ces 3 couches, est issue du croisement "3+10+300 = 313", où: la CEC codée "3" est favorable, le taux d'azote codée "10" est défavorable quand celui du phosphore codée "300" est favorable; tenant compte du facteur limitant induit par les taux d'azote défavorables, cette classe de sol est jugée défavorable et un nouveau code "1", "10" ou "100" correspondant à ce descriptif lui est assigné. Les classes codées "333", "233" ou "323", issues de cette même combinaison, sont favorables; celles codées "223", "222" et "322", sont peu favorables; de nouveaux codes correspondant à leurs descriptifs leurs sont affectés. De cette façon, on est arrivé à combiner toutes les 8 variables chimiques des sols pour obtenir la couche de fertilité chimique des sols. Celle de la fertilité physique des sols, représentée par la couche des textures, est une couche monofactorielle obtenue par la hiérarchisation (codification) des textures des sols en fonction des taux d'argiles, les sols les mieux fournis en argiles étant les plus favorables. La carte de fertilité rizicole des sols est issue de l'intégration des nouveaux codes attribués à la couche fertilité chimique des sols avec ceux de la couche fertilité physique, selon le principe décrit précédemment. Enfin, il a été question, à partir d'une enquête, de vérifier si les rendements rizicoles obtenus régulièrement sur les sols classés plus ou moins favorables, sont, effectivement, plus élevés que ceux obtenus sur les sols classés défavorables.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Résultats

##### 3.1.1. Couche fertilité physique des sols

Ces sols appartiennent à 4 classes texturales, de degrés divers d'aptitudes rizicoles. Les textures défavorables, qui sont représentées par les sables purs et la texture sableuse, comportent, pour les premiers, moins de 50 g/kg d'argiles associés à plus de 830 g/kg de sables, et, pour la seconde, 50 à 80 g/kg d'argiles associés à un taux moyen de 650 g/kg

de sables; dans le même ordre, les taux moyens de limon demeurent inférieurs à 120 g/kg et à 250 g/kg. Les sols concernés, les sables purs notamment, sont présents dans les secteurs voisins de Kpoussoussou et de Yamoussoukro tandis que les sols sableux sont observables à Tiébissou, au Nord, puis à Zatta et à Yabra, à l'Ouest. Dans l'ensemble, ces sols représentent 65% de la couverture pédologique étudiée. Les sols classés peu favorables ont 80 à 100 g/kg d'argiles; ce sont des sables limoneux, qui marquent une transition entre les sols sablo-limoneux favorables, observables dans les secteurs environnant Attiégouakro, et les sols sableux défavorables, précédemment décrits; leur taux de couverture est d'environ 15%. Les sols favorables ont une texture sablo-limoneuse; ce sont, ici, les plus pourvus en argiles (100 à 135,6 g/kg); ce taux relativement élevé des argiles favorise dans les sols, une rétention plus ou moins importante d'éléments nutritifs et de l'eau utile. Ces sols qui ont été observés sur le site d'Attiégouakro s'étendent, au total, sur 25% de l'espace d'étude, occupant principalement la partie Sud-Est du périmètre d'étude.

##### 3.1.2. Couche fertilité chimique des sols

La couche fertilité chimique des sols distingue 3 niveaux de fertilité chimique des sols: défavorable, peu favorable et favorable. Les sols défavorables sont observables principalement au Nord du périmètre d'étude et représentent 30% des sols étudiés. En général, ces sols présentent des contraintes liées à la plupart des critères de classification utilisés. En effet, les sols à Tiébissou sont faiblement pourvus en matières organiques ( $5,34 \text{ g/kg} \leq \text{MO} < 9 \text{ g/kg}$ ), alors qu'à Attiégouakro, les sols en sont bien fournis ( $17 \text{ g/kg} \leq \text{MO} \leq 22,75 \text{ g/kg}$ ), sauf que pour la minéralisation de ces matières organiques, les besoins en azote ne sont pas couverts ( $\text{C/N} < 15$ ); ces besoins ne sont pas couverts non plus pour les sols de Tiébissou, où la CEC est apparue faible également; ensuite, les taux des éléments assimilables majeurs (azote, potassium et phosphore) sont faibles à Tiébissou (respectivement:  $0,3 \text{ g/kg} \leq \text{N} < 0,5 \text{ g/kg}$ ;  $0,016 \text{ g/kg} \leq \text{K} < 0,021 \text{ g/kg}$  et  $0,019 \leq \text{P} < 0,034 \text{ g/kg}$ ), quand, enfin, des risques de toxicité du fer, inhérents à une forte accumulation du fer facilement disponible, sont avérés très élevés dans ces sols aux environs d'Attiégouakro ( $\text{Fe} > 7,5 \text{ g/kg}$ ). Les sols peu favorables représentent 50% de la couverture pédologique étudiée; il s'agit des sols observés dans les secteurs de Kpoussoussou, de Yamoussoukro et de Zatta, et, aussi, des sols présents à l'extrême Sud-Est, à l'Est puis dans toute la partie centrale du périmètre d'étude; leur niveau relativement moyen de fertilité chimique est dû principalement à la faiblesse des taux des éléments assimilables majeurs; ils sont caractérisés également par de faibles teneurs en matières organiques ( $\text{MO} < 14 \text{ g/kg}$ ). Les sols favorables, présents à Yabra et surtout à Attiégouakro, ont un niveau de fertilité chimique relativement élevé,

qui résulte de leurs caractéristiques chimiques, dans l'ensemble, moyennement favorables à la riziculture irriguée. Cependant, vers Attiégouakro, où certains de ces sols renferment de fortes concentrations de fer facilement disponible ( $Fe > 8 \text{ g/kg}$ ), l'on pourrait craindre une susceptibilité à la toxicité ferreuse.

**3.1.3. Carte de fertilité rizicole des sols**

Cette carte (Figure 3) présente 3 classes d'aptitude des sols à la culture du riz irrigué, à savoir: les sols défavorables, peu favorables et favorables. Les sols défavorables à la culture du riz irrigué sont des sables purs, chimiquement très pauvres, et très pauvres en argiles également; ils occupent tout le secteur Nord, ainsi qu'une partie du secteur Sud de la zone d'étude; cet ensemble représente 40% des sols étudiés dont 50% sont apparus, par ailleurs, peu favorables. Ceux-ci ont une texture sableuse défavorable et un niveau de fertilité chimique moyen; certains d'entre eux, particulièrement les sols observés dans les environs d'Attiégouakro, ont une fertilité chimique très faible ou faible, induite par des taux très élevés de fer facilement disponible. Quant aux sols favorables, ils se sont développés sur 10% des sols hydromorphes du périmètre d'étude; c'est le groupe

des sables limoneux, relativement peu favorables, et des sols à texture sablo-limoneuse adjudés favorables; cet ensemble présente, généralement, des caractéristiques chimiques favorables.

**3.2. Discussion**

L'étude de la variabilité spatiale des sables et des argiles dans ces sols a abouti à une corrélation négative, hautement significative ( $p < 0,0001$ ), entre ces 2 variables; vu le taux moyen très faible ( $62,59 \text{ g/kg}$ ) des argiles, tandis que celui des sables ( $747,68 \text{ g/kg}$ ) reste très élevé, cette corrélation serait la preuve que, dans les sols étudiés, des phénomènes pédogénétiques secondaires s'apparentant, plus ou moins, à un lessivage (17), et, qui s'étalent sur des centaines d'années concourent à l'appauvrissement en argiles de la couche arable des sols, au profit des sables, contribuant ainsi, à réduire la fertilité des sols étudiés (1, 13).

Les coefficients de corrélation ( $R^2$ ) obtenus à partir des régressions linéaires réalisées sont une expression des proportions dans lesquelles les variables dépendantes sont expliquées par les modèles. Ainsi, la série de corrélations, entre, d'une part, les argiles et les autres

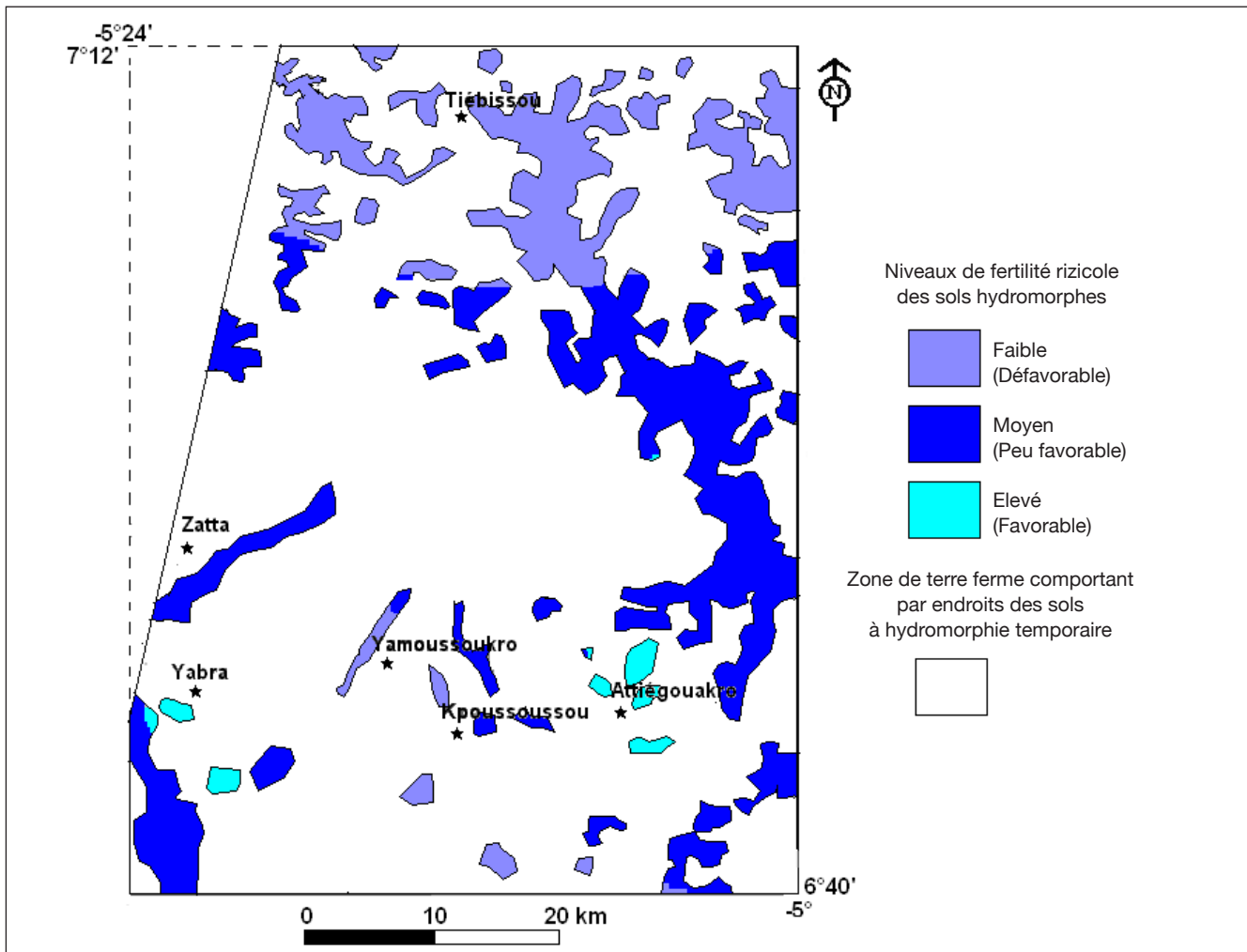


Figure 3: Carte de hiérarchisation des sols en fonction de leurs aptitudes à la mise culture du riz irrigué.

variables du sol, et, d'autre part, entre les sables et ces mêmes variables, met en exergue l'influence des argiles et des sables sur la qualité des sols étudiés. Les régressions linéaires réalisées corroborent cette idée selon laquelle, la CEC de ces sols est directement subordonnée à l'influence antagoniste du couple sables/argiles: la contribution des sables à la baisse de la CEC est estimée à 60% ( $R^2= 0,600$ ), quand celle des argiles à sa hausse est de 66,7% ( $R^2= 0,667$ ). Outre les argiles, d'autres variables, en particulier les matières organiques participent aussi à la fertilisation des sols; malheureusement, cette corrélation entre la CEC et les matières organiques est apparue non significative ( $p= 0,086$ ) pour des raisons qui seraient liées à une faible intensité de l'activité microbienne dans le sol ou à la "désargilisation" de la partie supérieure du profil pédologique, qui entraînerait également une bonne partie des matières organiques disponibles. Par ailleurs, la corrélation positive hautement significative entre les argiles et le carbone organique ( $p < 0,0001$ ), et celle entre le carbone organique et l'azote ( $p < 0,0001$ ), sont relatives à des informations d'ordre général concernant le sol: la première met en évidence l'existence du complexe argilo-humique dans le sol, où, dans ce cas précis, 40% des matières organiques disponibles sont liées aux argiles ( $R^2= 0,400$ ), pour former le complexe; la seconde traduit l'apparement de ces 2 variables corrélées aux matières organiques du sol ( $R^2= 0,932$ ). Selon l'échelle d'interprétation du pH-eau (11), les sols étudiés ont, dans leurs couches arables, des réactions acides ( $5,8 < \text{pH} \leq 6$ ), peu acides ( $6 < \text{pH} \leq 6,5$ ) et neutres ( $6,5 < \text{pH} \leq 7$ ). Des valeurs plus élevées du pH (pH alcalin), fréquemment corrélatives de difficultés d'assimilabilité par les plantes de certains éléments qui leur sont indispensables (phosphore, zinc, manganèse, cuivre et fer) (2) n'ont été rencontrées nulle part. Il en est de même pour les pH très acides qui sont, très souvent, responsables des carences en oligo-éléments (9).

Conformément aux normes existantes (11), les taux de matières organiques des sols urbains de Yamoussoukro et des sols périurbains de Kpoussoussou, de Tiébissou ou de Zatta, sont globalement faibles; par contre, les sols des zones rurales d'Attigouakro et de Yabra en sont plutôt bien fournis. Le niveau de décomposition des matières organiques, donné par le rapport C/N (4), est, quant à lui, favorable dans l'ensemble des sols prospectés: l'hypothèse émise plus haut, selon laquelle, la corrélation non significative entre la CEC et les matières organiques proviendrait d'une faible activité microbienne est donc à écarter. Les taux de phosphore assimilable sont faibles ou très faibles, dans la quasi-totalité des sols prospectés. La situation des teneurs de potassium échangeable, par comparaison aux normes adoptées (11), n'est pas différente de celle du phosphore assimilable.

La CEC, qui représente la somme des cations échangeables du complexe adsorbant, y compris le potassium échangeable, présente une situation différente de celui-ci. En effet, comparées aux valeurs indicatives de CEC des sols (11), les valeurs obtenues dans les sols étudiés présentent 3 niveaux: faible, moyen et assez bon. Cette différence des CEC entre les sites prospectés est probablement due à la variation de la vitesse de minéralisation des matières organiques dans les sols (5), combinée aux effets des pratiques agricoles (surexploitation des sols, amendements organiques ou chimiques insuffisants). Au total, le niveau global légèrement faible de la CEC des sols étudiés, n'est pas sans conséquence sur la nutrition minérale du riz irrigué, qui pourrait connaître des problèmes de toxicité, plus précisément, la toxicité ferreuse, très caractéristique des sols hydromorphes des bas-fonds des régions tropicales humides. Vu donc leurs teneurs très élevées, en fer hydrosoluble, en fer acidosoluble et en fer échangeable, à partir desquelles de grandes quantités de  $\text{Fe}^{2+}$  pourraient être mobilisées, les sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier présentent des risques réels de toxicité ferreuse. Par ailleurs, la corrélation positive entre les taux très élevés du fer facilement disponible et la CEC, caractérisée par de très faibles niveaux des bases échangeables, traduit la prédominance du fer sur les divers autres cations du complexe adsorbant. Il s'en suit que le fer déterminé peut jouer un rôle nutritionnel prépondérant, qui conduirait à perturber la nutrition minérale des plants de riz, ce qui constitue également, l'une des principales causes de la toxicité ferreuse (6).

Dans le modèle élaboré (Figure 2) pour évaluer la fertilité rizicole des sols étudiés, un accent a été mis sur les visites de terrain; cela a permis de constater et de corriger certaines erreurs relatives aux limites des contours des classes de sols établies. Ces erreurs qui se propagent en général dans les couches interpolées, du fait du nombre relativement peu élevé des données de base, sont inévitables. Dans le cas présent, les sols sont localisés dans des plaines alluviales où les facteurs d'évolution et de différenciation des sols (pentes, couvert végétal, géologie) sont quasiment uniformes sur un même site; ainsi, leurs caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamiques, sur chacun de ces sites, sont apparues, très peu variables. Par conséquent, l'extension, à l'ensemble de la couverture pédologique étudiée (474,06 km<sup>2</sup>), des caractéristiques physico-chimiques déterminées à partir de, seulement, 24 échantillons représentatifs de ces sols est certes accompagnée d'erreurs, mais, pas au point d'entacher sensiblement les résultats obtenus. En effet, après une enquête réalisée sur les périmètres rizicoles de la zone, il est ressorti, en absence de données statistiques chiffrées sur les rendements rizicoles, que: à Yabra, à Kpoussoussou et à Zatta, les niveaux de fertilité favorable et peu

favorable des sols sont matérialisés par une impression générale satisfaisante des riziculteurs vis-à-vis des rendements de leurs productions; sur les sites de Yamoussoukro et de Tiébissou, le niveau défavorable de fertilité rizicole des sols s'est avéré très concordant avec les rendements peu encourageants signalés par les riziculteurs, surtout à Tiébissou, où ces sols, qui ne sont pas aménagés, sont très peu affectés à la riziculture; aussi, parce que non aménagés, les sols avérés favorables à Attiéguakro, sont-ils, en général, ignorés par les riziculteurs, rendant ainsi impossible le recueil de toute impression fiable sur les niveaux des rendements rizicoles des sols.

#### 4. Conclusion

Cette étude a consisté en l'utilisation d'un SIG et des méthodes statistiques pour évaluer l'aptitude des sols hydromorphes de la région du Béliér (Côte d'Ivoire) à produire du riz. Elle a nécessité la création d'une base de données constituée essentiellement

par les caractéristiques physico-chimiques des 24 échantillons de sol représentatifs de ces sols et par les coordonnées géographiques des fosses où ces échantillons ont été prélevés. Ces variables des sols ont été traitées statistiquement, puis, comparées à des données seuils avant d'être intégrées les unes aux autres, à l'aide d'un SIG, pour déterminer les niveaux de fertilité rizicole des sols. Il en est ressorti que: 10%, 40% et 50% de ces sols, sont, dans cet ordre, défavorables, peu favorables et favorables. Les erreurs qui se propagent, en général, dans les couches interpolées, du fait du nombre peu élevé des données représentatives, comme c'est le cas ici, ont été minimisées car ces sols sont tous localisés dans des plaines alluviales où les facteurs d'évolution et de différenciation des sols (pentes, couvert végétal, géologie) sont avérés quasiment uniformes. Cela s'est traduit par une concordance entre les niveaux de fertilité rizicoles des sols déterminés par l'étude et les rendements rizicoles obtenus régulièrement sur ces sols.

#### 5. Références bibliographiques

- ANADER, 2003, Environmental impact analysis of the word trade organisation's agreement on agriculture on the rice sector of Côte d'Ivoire. REI, 56 p.
- Bensaadi A., 2004, Contribution à l'étude de l'état nutritionnel des vergers de pommier dans la région d'Ychemoul, Thèse ing, Agro, Univ. Batna, 188 p.
- Brou Y., 2005, Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Univ. des Sciences et Technologies de Lille, 212 p.
- Brown C., 2010, Les carences en azote et le rapport carbone-azote des amendements organiques. Document technique, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales, Ontario, 2 p. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/realign/aicc.htm> [Consulté en 2011].
- Ciesielski H., Sterckeman T., Baliteau J.-Y., Caria G., Goutiers V. & Willery J.-P., 2008, Évolution du pH et de la CEC des sols du Nord de la France en fonction des doses de chaulage: influence du carbone organique. *Étude et Gestion des Sols*, **15**, 3, 161-170.
- De Dorlodot S., Lutts S. & Bertin P., 2005, Effects of ferrous iron toxicity on the growth and mineral composition of an interspecific rice. *Journal of Plant Nutrition*, **28**, 1-20.
- Delaunoy A., Ferrie Y., Bouche M., Colin C. & Rionde C., 2008, Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. INRA de Montpellier, 37 p.
- ESRI, 2002, <http://www.esri.fr> [Consulté en 2008].
- FAO, 2003, Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 4<sup>e</sup> édition, Éd. FAO, IFA (Paris, France) et IMPHOS (Casablanca, Maroc), 84 p.
- Lacharme M., 2001, La fertilisation minérale du riz. Mémento Technique de Riziculture, Fascicule n° 6, 19 p.
- LANO, 2008, Analyses des terres. <http://www.lano.asso.fr/web/analyses.html> [Consulté en 2011].
- Ruellan A., Blanchart E., Brauman A., Grimaldi M., Grünberger O., Barbiero L., Chaplot V., Monga O. & Bernoux M., 2011, Les dossiers thématiques de l'IRD: les sols, des milieux vivants très fragiles. IRD, 21 p. <http://www.mpl.ird.fr/suds-en-ligne/sols/fragile/salinisation4.html> [Consulté en 2011].
- Ouattara Z., 2011, Impact du TEC de l'UEMOA sur la compétitivité du riz irrigué en Côte d'Ivoire. Rapport d'étude, PRESAO, Michigan State University, USA, 99 p.
- Sys C.E., Van Ranst E., Debaveye J. & Beernaert M., 1993, Land evaluation, part III: Crop requirements. Belgium, General Administration for Development Cooperation, 199 p.
- XLSTAT, 2007, [www.xlstat.com](http://www.xlstat.com). [Consulté en 2012].
- Yacé I., 2002, Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest: pétrologie, géologie régionale. Éditions CEDA, Abidjan, 183 p.
- Yemefack M., Nounamo L., Njomgang R. & Bilong P., 2004, Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au Sud Cameroun. *Tropicultura*, **22**, 1, 3-10.
- Zro Bi G.F., Okaingni J.-C. & Kouamé K.F., 2011, Cartographie des sols hydromorphes de la région des Lacs (centre de la Côte d'Ivoire) par l'approche du Spectral Angle Mapper (SAM). RFPT n° 195, pp. 31-41.

G.F. Zro Bi, Ivoirien, Doctorant, Enseignant des Sciences de la Vie et de la Terre au Lycée Mixte 2 de Yamoussoukro. BP. 1069, Yamoussoukrou, Côte d'Ivoire. Courriel: [zraubi@yahoo.fr](mailto:zraubi@yahoo.fr)

A.Yao-Kouamé, Ivoirien, Professeur Titulaire, Directeur du Département Sciences du Sol de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. Courriel: [yakouamealbert1@yahoo.fr](mailto:yakouamealbert1@yahoo.fr)

K.F. Kouamé, Ivoirien, Maître de Conférences, Directeur du Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. Courriel: [kouamef@yahoo.fr](mailto:kouamef@yahoo.fr)

# Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: 1. Analysis of Major Architectural and Agronomic Characteristics

L. Bourguou<sup>1\*</sup> & D. Sanfo<sup>1</sup>

Keywords: Cotton - Agronomic and architectural evaluation - *Gossypium hirsutum* - C4 project - Brazilian cotton varieties- Burkina Faso

## Summary

The study compared the adaptability of cotton varieties from Brazil and C4 countries (Benin, Burkina Faso, Mali and Chad) to cultivation conditions in Burkina Faso. A Fisher experimental block design was used at two sites during 2010 and 2011. Major agronomic and architectural characteristics were selected, which can be used to describe the production setting up, precocity and yield performances of the varieties. The results revealed that Brazilian varieties produced significantly fewer branches (NVB and NFB) and fruiting sites (SVB and SFB), but produced more bolls (BFB) compared to A 51 (Chad) and STAM 59A (control). At agronomic level, almost all Brazilian varieties seemed to show a lower fiber percent. BRS 293 and, to a lesser extent, CEDRO were found to be the best all-round Brazilian varieties, as they produce a similar fiber percent to the best African varieties, as well as a better potential cottonseed yield (BRS 293) and large boll production (CEDRO) compared to African varieties. It will be possible and easy to use some Brazilian varieties in crossings, in order to enhance African varieties, and technical analysis should make it possible to identify the appropriate varieties.

## Résumé

**Apports génétiques potentiels de variétés de cotonniers du Brésil à l'amélioration des variétés de cotonniers cultivés des pays du C4 : 1. Analyse des caractéristiques architecturales et agronomiques majeures**

L'étude a comparé l'adaptabilité de variétés du Brésil et des pays du C4 (Bénin, Burkina Faso, Mali, Tchad) dans les conditions de culture du Burkina Faso. Elle a été conduite dans un dispositif en Bloc de Fisher en 2010 et 2011 sur 2 sites. Des caractéristiques architecturales et agronomiques majeures qui permettaient de décrire la mise en place de la production, les performances en termes de précocité et de rendement des variétés ont été utilisées. Les résultats ont révélé que des variétés brésiliennes présentaient, significativement, moins de branches (NBV et NBF), moins de sites fructifères (SBV et SBF) mais plus de capsules (CBF) par rapport à A 51 (Tchad) et STAM 59A (témoin). Au plan agronomique, les variétés du Brésil semblaient toutes faibles en rendement fibre. BRS 293 et dans une moindre mesure CEDRO se sont montrées plus complètes combinant un rendement en fibre similaire aux meilleures variétés africaines et un potentiel en rendement coton graine (BRS 293) et en PMC (CEDRO) meilleur que ces dernières. Des possibilités pratiques de valorisation des variétés brésiliennes comme géniteurs existent et les analyses de la technologie de la fibre devraient mieux les situer.

## Introduction

In French-speaking West Africa, cotton growing was controversial in the past, but remains one of the few success stories after independence. In ancient times, it was practised in order to meet domestic needs. Over the years, cotton has emerged as a real tool for combating poverty and improving living conditions for rural populations. Its positive impacts are well documented (6, 16).

At microeconomic level, the development of cotton production has been correlated with increased income for approx. Two million families and 16 million people in rural areas. In addition, the cotton sector contributes

greatly to the creation of employment and basic social services (16). At macroeconomic level, fibre exports generate a large volume of revenue for the national economies of many West African countries, in taxes and other forms of income. This income is of strategic importance for economic stability and investment in development in the broadest sense (2, 7, 12). Despite its high dependence and being ranked as the world's second largest exporter in 2004-2005, Zone Franc Africa has not managed to profit fully from the cotton that it produces, despite it being of above-average quality (7). The competitiveness of African cotton has been put to the test on the international

<sup>1</sup> Institute for the Agricultural and Environmental Research (INERA), Cotton Programme, 01 B.P. 208 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

\*Corresponding author: L. Bourguou. Tel.: (00226) 70135371

E-mail: diallabourgou@yahoo.fr

Received on 15.06.12 and accepted for publication on 13.09.12.

market and this has threatened the existence of sectors and especially growers (12). At the 2003 World Trade Organisation (WTO) conference in Cancun, cotton subsidies from northern hemisphere countries (USA, China, EU, etc.) were officially denounced by Africa's cotton 4 initiative (C4) countries and Brazil. In addition to subsidies and the volatility of world prices, more detailed diagnostics highlight problems linked to productivity in the field, fiber conversion and diversification of cotton companies' activities (2, 5, 7). We consider that the competitiveness of African cotton can be improved, even to a small extent, by increasing yields, which have been below the world average since the early 1990's (2, 16). The development and dissemination of improved varieties remains one of the main way for improving productivity, especially if resources are available for genetic improvement (10). During the discussion between cotton breeders initiated by the West African Economic and Monetary Union (WAEMU), it emerged that the gene pool is almost identical in Benin, Burkina Faso, Mali and Chad (C4 countries). It is also aging and increasingly degenerated to face the current breeding challenges (11), as it was no longer fed after the IRCT (Research Institute of exotic cotton and textile) stopped its activities in Africa (Fok M., comm. pers.). In 2009, as part of a South-South cooperation, Brazil provides the C4 countries with *Gossypium hirsutum* L. varieties, which could be rebreeding or used as parent plants after being evaluated. For this reason, a collaborative trial was conducted in each of the C4 countries during 2010-2011, with the aim of comparing Brazilian varieties with those from the C4 countries. The objective was to provide evidence of genetic variability within the varieties introduced. This article summarises and analyses the results obtained by the trial under cotton growing conditions in Burkina Faso.

## 1. Materials and methods

### Plant material

The plant material consisted of 5 Brazilian varieties (ARACA, BRS 286, BRS 293, CEDRO, BURITI) and a native variety from each of the C4 countries, Benin (H279-1, rebreeding of STAM F: [(SR1F4 \* L299.10) \* (Stoneville 213) \* (G115-7)<sup>3</sup>] \* [(T120-7 \* U585-12) \* (T120-7 \* P279)]), Burkina Faso (FK37: H<sup>2</sup>784 \* IRMA BLT/PF), Mali (N'TAL 100: N'TA 88-6 \* STAM 59A) and Chad (A 51: [(MK 73 \* L231-24) \* ((DPMA \* HAR 48-6) \* Y1422)] \* [STAM F]) -1697-Z563-157-A 51). A Togolese variety, STAM 59A: [(SR1F4 \* L299-10) \* (Stoneville 213) \* {G115-7}<sup>3</sup>] \* [(T120-7 \* U585-12) \* (T120-7 \* P279)] was used as a control. All these varieties belong to the cultivated species *G. hirsutum*.

### Study sites

The study was conducted in 2010 at Farako-Ba (longitude 4°20' West, latitude 11°06' North, altitude 405 m) and in 2011 at Farako-Ba and Kouare (longitude 0°19' East, latitude 11°59' North, altitude 850 m).

The climate is generally more arid in Kouare than in Farako-Ba. The cumulative rainfall in Farako-Ba was 1289.5 mm for 79 days of rain (2010) and 831.5 mm for 73 days (2011). In 2011, Kouare recorded 669.2 mm in 30 days of rain. In general, the soils at the 2 sites are ferasols (FAO classification), low clay and organic matter content. They are sandy loam in texture, slightly acidic and deficient in Nitrogen and Phosphorus (1).

### Experimental design and conduct of experiment

A Fisher block design with 4 replications was used. The elementary plot (EP) for each replication consisted of 3 x 20 m lines spaced 0.8 m apart. The distance between seeding holes was 0.40 m. In the first year, at Farako-Bâ, the soil was amended with manure (6 t/ha) during ploughing. At the two sites, NPKSB (14-18-18-6-1) at 150 kg/ha and urea (46% N) at 50 kg/ha were applied each year, 20 and 45 days after sowing (das), respectively. Avaunt 150 EC (Indoxacarb 150 g/L), followed by Lambdocal P 636 EC (Zetamethrin 36 g/L + Profenofos 600 g/L) and Conquest C176 EC (Cypermethrin 144 g/l + Acetamiprid 32 g/l) were used in 6 treatments every 2 weeks. The treatments began 30 das at doses of 0.17, 0.334 and 0.25 litre/ha, respectively, per insecticide. Two manual weeding were conducted at 15 das (at thinning out) and at 45 das (weeding and ridging).

### Measuring variables

The agronomic variables were measured along the central line of each PE in 2010 and 2011 at Farako-Ba: the first flowering date (FFD)/first boll opening date (FBOD), the date by which 50% of the plants produced at least one flower/one open boll; the cotton seed yield (YLD) deducted using the total harvest; the average boll weight (ABW) calculated from all the bolls from 20 plants; the fiber percent (FP) measured after ginning of 200 g cotton seed; the seed index (SI) or average weight of 5 samples of 100 undelinted seeds.

The morphological variables were measured on 20 plants from the central line of each EP at Farako-Ba and Kouare, according to the "plant mapping" method (3). The variables were the insertion node of the first fruiting branch (INFB), the number of vegetative (NVB) and fruiting (NFB) branches, the number of bolls produced on vegetative (BVB) and fruiting branches (BFB), the number of sites on vegetative branches (SVB) and fruiting branches (SFB), the number of nodes on the main stem (NN) and plant height in metres (PH).

### Data analysis

The data collected was subjected to a variance analysis (ANOVA) using SISVAR 5.1 Build 72 software. The averages for each variety were compared using the Scott-Knott test, based on a 5% threshold.

## 2. Results

### Architectural characteristics

The variance analyses conducted on the architectural variables do not reveal any significant differences between the varieties at Kouare (results not provided).

Table 1  
Classification of varieties after ANOVA for morphological variables (Farako-Ba)

Varieties	Variables measured								
	INFB	NVB	BVB	SVB	NFB	BFB	SFB	NN	PH
ARACA	5.00 a <sub>2</sub>	2.70 a <sub>2</sub>	3.82 a <sub>2</sub>	11.30 a <sub>2</sub>	10.42 a <sub>2</sub>	11.50 a <sub>2</sub>	17.95 a <sub>1</sub>	16.97 a <sub>2</sub>	96.87 a <sub>1</sub>
BRS 286	4.72 a <sub>1</sub>	2.87 a <sub>2</sub>	5.82 a <sub>2</sub>	14.27 a <sub>3</sub>	11.40 a <sub>3</sub>	13.52 a <sub>2</sub>	21.07 a <sub>2</sub>	17.42 a <sub>2</sub>	100.75 a <sub>1</sub>
BRS 293	5.05 a <sub>2</sub>	2.75 a <sub>2</sub>	4.42 a <sub>2</sub>	12.45 a <sub>3</sub>	10.97 a <sub>3</sub>	12.20 a <sub>2</sub>	20.92 a <sub>2</sub>	17.57 a <sub>2</sub>	104.67 a <sub>1</sub>
BURITI	5.25 a <sub>2</sub>	2.70 a <sub>2</sub>	3.60 a <sub>2</sub>	10.60 a <sub>2</sub>	10.47 a <sub>2</sub>	11.70 a <sub>2</sub>	16.90 a <sub>1</sub>	17.10 a <sub>2</sub>	103.87 a <sub>1</sub>
CEDRO	4.57 a <sub>1</sub>	2.07 a <sub>1</sub>	1.12 a <sub>1</sub>	6.85 a <sub>1</sub>	9.42 a <sub>1</sub>	9.80 a <sub>1</sub>	16.52 a <sub>1</sub>	15.92 a <sub>1</sub>	118.92 a <sub>2</sub>
STAM 59A	5.65 a <sub>3</sub>	3.05 a <sub>2</sub>	4.55 a <sub>2</sub>	14.32 a <sub>3</sub>	11.85 a <sub>3</sub>	10.72 a <sub>1</sub>	19.22 a <sub>2</sub>	19.12 a <sub>4</sub>	111.60 a <sub>2</sub>
A 51	6.22 a <sub>4</sub>	3.20 a <sub>2</sub>	3.55 a <sub>2</sub>	15.12 a <sub>3</sub>	11.47 a <sub>3</sub>	9.20 a <sub>1</sub>	20.25 a <sub>2</sub>	19.70 a <sub>4</sub>	110.82 a <sub>2</sub>
FK37	5.4 a <sub>3</sub>	2.42 a <sub>1</sub>	3.50 a <sub>2</sub>	10.70 a <sub>2</sub>	11.40 a <sub>3</sub>	10.57 a <sub>1</sub>	19.67 a <sub>2</sub>	18.20 a <sub>3</sub>	109.37 a <sub>2</sub>
H279-1	4.65 a <sub>1</sub>	1.90 a <sub>1</sub>	1.67 a <sub>1</sub>	7.97 a <sub>1</sub>	11.07 a <sub>3</sub>	10.57 a <sub>1</sub>	20.60 a <sub>2</sub>	18.22 a <sub>3</sub>	104.75 a <sub>1</sub>
N'TAL 100	4.87 a <sub>2</sub>	2.20 a <sub>1</sub>	2.00 a <sub>1</sub>	9.00 a <sub>1</sub>	10.37 a <sub>2</sub>	9.07 a <sub>1</sub>	15.70 a <sub>1</sub>	16.82 a <sub>2</sub>	115.82 a <sub>2</sub>
Average	5.14	2.59	3.41	11.26	10.89	10.89	12.95	17.71	107.75
CV (%)	5.01	11.66	36.84	19.91	4.92	11.63	18.88	3.67	6.95
Probability	0.0000 HS	0.0000 HS	0.0004 S	0.0000 HS	0.0000 HS	0.0007 S	0.0263 S	0.0000 HS	0.0075 S

At Farako-Ba, however, the varieties studied showed significant to highly significant differences for all the observed variables (Table 1).

The average number of nodes of insertion of the first fruiting branch (INFB) is 5.14 nodes. All the Brazilian varieties presented a fairly low INFB. CEDRO and BRS 286 from Brazil (4.57 and 4.72 nodes, respectively) and H279-1 from Benin (4.65 nodes) have the lowest INFB, whereas the number for A 51 from Chad (6.22 nodes) is the highest ( $p=0.0000$ ). The INFB of the regional control STAM 59A was 5.65 nodes.

The parameters for vegetative branches (NVB, SVB and BVB) indicate that the African varieties H279-1, N'TAL 100, FK37 and Brazilian variety CEDRO significantly produced the lowest number of vegetative branches ( $p=0.0000$ ). The same varieties (except for

FK37) produced, significantly, the fewest sites and bolls on these branches; the average amounts produced were 11.26 sites and 3.41 bolls, respectively. The African varieties (A 51 and STAM 59A) and those from Brazil, especially BRS 286, BRS 293, produced more vegetative branches, sites on vegetative branches and bolls than all the other varieties. The ARACA and BURITI varieties presented an intermediate behaviour for all these parameters.

With regard to parameters associated with the fruiting branches, the average number of fruiting branches (NFB), sites on fruiting branches (SFB) and bolls on these branches (BFB) were 10.89 branches, 12.95 sites and 10.89 bolls, respectively. All the African varieties, except for N'TAL 100, produced the most fruiting branches, together with varieties BRS 286 and

Table 2  
Classification of varieties after ANOVA for agronomic variables (2010)

Varieties	Variables measured					
	FFD (das)	FBOD (das)	YLD (kg/ha)	FP (%)	ABW (g)	SI (g)
ARACA	65.00 a <sub>2</sub>	114.00 a <sub>2</sub>	1015.66 a <sub>3</sub>	39.67 a <sub>1</sub>	4.55 a <sub>1</sub>	8.33 a <sub>1</sub>
BRS 286	65.50 a <sub>2</sub>	113.50 a <sub>2</sub>	824.83 a <sub>2</sub>	41.08 a <sub>2</sub>	4.51 a <sub>1</sub>	8.46 a <sub>1</sub>
BRS 293	68.50 a <sub>3</sub>	116.00 a <sub>2</sub>	947.10 a <sub>3</sub>	42.16 a <sub>3</sub>	5.08 a <sub>2</sub>	8.82 a <sub>2</sub>
BURITI	69.75 a <sub>3</sub>	115.75 a <sub>2</sub>	748.90 a <sub>2</sub>	39.54 a <sub>1</sub>	5.18 a <sub>2</sub>	8.92 a <sub>2</sub>
CEDRO	65.00 a <sub>2</sub>	114.75 a <sub>2</sub>	1023.30 a <sub>3</sub>	40.87 a <sub>2</sub>	5.76 a <sub>2</sub>	8.70 a <sub>2</sub>
STAM 59A	61.75 a <sub>1</sub>	111.50 a <sub>1</sub>	953.95 a <sub>3</sub>	42.86 a <sub>3</sub>	4.39 a <sub>1</sub>	8.21 a <sub>1</sub>
A 51	67.00 a <sub>3</sub>	112.00 a <sub>1</sub>	502.40 a <sub>1</sub>	41.49 a <sub>2</sub>	4.32 a <sub>1</sub>	8.08 a <sub>1</sub>
FK37	63.00 a <sub>1</sub>	110.50 a <sub>1</sub>	1229.73 a <sub>3</sub>	42.69 a <sub>3</sub>	4.86 a <sub>1</sub>	8.49 a <sub>1</sub>
H279-1	63.25 a <sub>1</sub>	111.50 a <sub>1</sub>	1172.54 a <sub>3</sub>	43.25 a <sub>4</sub>	4.95 a <sub>1</sub>	8.42 a <sub>1</sub>
N'TAL 100	64.75 a <sub>2</sub>	112.50 a <sub>1</sub>	853.84 a <sub>2</sub>	43.46 a <sub>4</sub>	5.61 a <sub>2</sub>	8.32 a <sub>1</sub>
Average	65.35	113.20	927.23	41.71	4.92	8.47
CV (%)	2.30	1.31	20.58	1.35	9.80	2.93
Probability	0.0000 HS	0.0001 S	0.0006 S	0.0000 HS	0.0016 S	0.0009 S

**Table 3**  
**Classification of varieties after ANOVA for agronomic variables (2011)**

Varieties	Variables measured					
	FFD (das)	FBOD (das)	YLD (kg/ha)	FP (%)	ABW (g)	SI (g)
ARACA	62.00 a <sub>3</sub>	108.75	1896.87 a <sub>2</sub>	41.57 a <sub>1</sub>	5.19 a <sub>1</sub>	8.12
BRS 286	61.00 a <sub>3</sub>	105.25	2045.31 a <sub>2</sub>	42.72 a <sub>1</sub>	5.21 a <sub>1</sub>	8.06
BRS 293	60.25 a <sub>2</sub>	108.00	2423.44 a <sub>2</sub>	44.08 a <sub>2</sub>	5.83 a <sub>2</sub>	8.32
BURITI	63.00 a <sub>3</sub>	108.50	2159.37 a <sub>2</sub>	42.55 a <sub>1</sub>	5.34 a <sub>1</sub>	8.67
CEDRO	61.25 a <sub>3</sub>	106.50	1917.19 a <sub>2</sub>	44.08 a <sub>2</sub>	5.76 a <sub>2</sub>	8.43
STAM 59A	61.00 a <sub>3</sub>	108.00	2043.75 a <sub>2</sub>	44.76 a <sub>2</sub>	5.61 a <sub>2</sub>	8.11
A 51	64.00 a <sub>3</sub>	108.50	1642.19 a <sub>1</sub>	42.56 a <sub>1</sub>	4.95 a <sub>1</sub>	8.41
FK37	60.00 a <sub>2</sub>	105.00	2228.12 a <sub>2</sub>	44.79 a <sub>2</sub>	5.31 a <sub>1</sub>	8.42
H279-1	57.50 a <sub>1</sub>	106.50	2253.12 a <sub>2</sub>	45.37 a <sub>2</sub>	5.20 a <sub>1</sub>	8.24
N'TAL 100	62.00 a <sub>3</sub>	108.25	1975.00 a <sub>2</sub>	47.09 a <sub>3</sub>	5.24 a <sub>1</sub>	7.87
Average	61.20	107.32	2058.44	43.96	5.36	8.26
CV (%)	2.63	1.96	13.37	1.67	5.95	5.16
Probability	0.0006 S	0.1220 NS	0.0283 S	0.0000 HS	0.0115 S	0.3412 NS

BRS 293. The Brazilian varieties CEDRO and, to a lesser extent, ARACA and BURITI produced the lowest number of branches. These three varieties, as well as N'TAL 100, also produced the lowest number of sites on these branches ( $p=0.0263$ ). Finally, all the Brazilian varieties (except CEDRO) retained significantly more bolls on their fruiting sites on these branches than all the African varieties ( $p=0.0007$ ).

Finally, the average plant height and number of nodes on the varieties studied were 107.75 cm and 17.71 nodes, respectively. The Brazilian varieties ARACA, BRS 286, BRS 293 and BURITI, as well as H279-1, produced the shortest plants ( $p=0.0075$ ). CEDRO, though one of the shortest varieties, produced the lowest number of nodes (15.92 nodes). The control STAM 59A and A 51 produced the highest numbers of nodes (19.12 and 19.70 nodes, respectively).

#### **Agronomic characteristics**

The variance analyses conducted on agronomic variables indicate significant differences between the varieties for all the variables analysed in 2010 (Table 2). In 2011, the differences remained significant for most of the variables, whereas the first boll opening date (FBOD) and seed index (SI) appeared non-significant (Table 3).

The average first flowering and first boll opening times in 2010 were 65.35 and 113.20 das, respectively, compared to 61.20 and 107.32 das in 2011. In 2010, as in 2011, the varieties H279-1 and FK37 flowered earlier, while the varieties A 51 and BURITI still flowered later. The majority of Brazilian varieties showed an intermediate tendency. In 2010, all the African varieties opened their first boll earlier than the Brazilian varieties ( $p=0.0001$ ), whereas in 2011 the analyses no longer revealed any significant differences between the varieties studied ( $p=0.1220$ ).

In terms of yield (YLD), in 2010, the varieties could significantly be divided into 3 groups ( $p=0.0006$ ).

FK37, H279-1 and the Brazilian varieties BRS 293, ARACA were statistically similar and the most productive with over one tonne per hectare. The other varieties produced less than 1 t/ha and A 51 (502.40 kg/ha) was statistically the least productive. In 2011, all the varieties were more productive, with yields of over 2 t/ha for most varieties. Some varieties more than doubled (N'TAL100, BURITI) or even tripled (A 51) their yield. The variety A 51 remained significantly the least productive, while all the other varieties appeared to be similar ( $p=0.0283$ ).

In terms of fibre yield after ginning, the varieties can be divided, highly significantly, into 4 groups (2010) and 3 groups (2011). Over the 2 years, the varieties N'TAL 100 (43.46 and 47.09%) followed by H279-1 (43.25 and 45.37%) were the most yielding, based on this parameter ( $p=0.0000$ ). The varieties FK37, STAM 59A, BRS 293 and CEDRO have always been statistically similar and intermediate. The varieties ARACA (39.54 and 41.57%) and BURITI (39.67 and 42.55%) and, to a lesser extent, BRS 286 (41.08 and 42.72%) and A 51 (41.40 and 42.56%) produced the lowest fiber percent after ginning in 2010 and 2011.

In terms of average boll weight (ABW), BURITI and BRS 293 performed consistently better over the two years. In 2010, the varieties CEDRO (5.76 g), N'TAL 100 (5.61 g), BURITI (5.18 g) and BRS 293 (5.08 g) produced the highest ABW, whereas in 2011, BRS 293 (5.83 g), BURITI (5.76 g) and STAM 59A (5.61 g) performed the best; the remaining varieties being similar and producing statistically smaller bolls.

Finally, in terms of seed index (SI), the Brazilian varieties with large bolls (BURITI, BRS 293 and CERDO) were statistically the most interesting in 2010 ( $p=0.0009$ ). In 2011, the varieties did not present any significant differences for this variable ( $p=0.3412$ ).



### 3. Discussion

According to the results on architectural and agronomic characteristics, the evaluated varieties behaved differently, depending on the year and site.

When it comes to cotton plants, the evaluation of architectural parameters points out crop production setting up and allows to predict the yield. In this study, the varieties from Brazil and the C4 countries did not present significant differences at Kouare for these parameters. This result could be explained by the late start and sudden end of the rainy season at this site in 2011. These conditions might actually have produced a similar effect to late sowing, as it disallowed the varieties to show their architectural potential and to grow differently (14). The results from Farako-Ba, which showed architectural differences between the varieties studied, are in line with those produced by previous evaluations of varieties introduced for research purposes as gene sources from Argentina, the USA, Nicaragua, Costa Rica, Uzbekistan, Israel and Australia (13, 15). In general, the African varieties were more height and more vegetative than the varieties introduced. In our study and in general, the Brazilian varieties were similar to their African counterparts in terms of production of fruiting branches and sites. However, the Brazilian varieties produced more bolls on their fruiting sites, which presented a good retention rate, probably due to higher tolerance to biotic and abiotic stresses. These varieties may provide a solution in the search for varieties or cultivation conditions that promote good boll retention on the plant, which is a key objective for cotton research (14). Moreover, under the conditions at Farako-Ba, some of the Brazilian varieties could be used for crossings, if required, in order to reduce the number of vegetative branches, total plant height and increase boll production on fruiting branches in some varieties in the C4 countries; especially as these characteristics are highly to moderately heritable (8). This type of investigation will be particularly interesting and effective for the Chadian variety (A 51) and regional control (STAM 59A), which were proved less enhanced than most of the Brazilian varieties regarding these parameters.

In 2011, all the varieties studied tended to improve in agronomic terms compared to 2010. They were able to take advantage of the delayed beneficial effect of organic fertiliser and benefit from an exceptionally well watered location, with regular rainfall at the site in Farako-Ba. Despite everything, the Brazilian varieties produced lower cotton seed yields than their potentials under the cotton growing conditions in Brazil (4, 9). In terms of general agronomic performances, the Brazilian varieties also behaved equally or better than the regional control, and especially the Chadian variety. However, only BRS 293 and, to a lesser extent, CEDRO and BURITI appeared as complete as the local variety (FK37) and the varieties popularised

in Benin (H279-1) and Mali (N'TAL 100). The other Brazilian varieties were characterised particularly by an average fiber yield after ginning of under 42%. Even under the conditions in Brazil, their fibre yield fell between 38-40% (4). This varietal characteristic is highly heritable (heritability > 0.5) (10) and particularly valued in the C4 countries. The first requirement, if a new variety is to be accepted and become popular, is that it exceeds a minimum threshold of 42% in Burkina Faso and 44% in Mali. In fact, this varietal characteristic remains one of the traditional methods of increasing fiber production in these countries (10). In Brazil, unlike the C4 countries, cotton is produced mainly on large areas, so that any failure to increase fibre yield after ginning can be compensated by very good yields in the fields and large cotton seed yields.

### Conclusion

If improved and stable varieties are to be developed, which are well suited to the cultivation conditions, it will be needed to achieve breeding resources with good knowledge of their wide genetic variability or diversity. Genetic resources for cotton plants that were shared as part of the C4 project were evaluated in this study. Overall, we have determined that the varieties compared differ slightly. The Brazilian varieties are less interesting in terms of fiber percent but present an attractive yield potential in the field. Some of the varieties have shown attractive characteristics, ranging from slightly (YLD, ABW) to very slightly heritable (number of bolls), which can be used for crossings in order to improve, in particular, the Chad variety and the regional control, as these two varieties have under-performed in all areas. Though undermined by our production techniques, the variety BRS 293 proved a fairly good all-rounder and as productive as the varieties currently popularised in Burkina Faso (FK37), Mali (N'TAL 100) and Benin (H279-1).

In order to identify more accurately the advantages to be gained from these Brazilian varieties, it would be possible to determine the intensification level, for which they appear best suited. These genetic resources derived from the Brazilian and African varieties are already being considered for the creation of new varieties using genealogical selection. However, as fibre is the main product, it is vital that we study the fibre technology, which will be more helpful information when considering the different varieties.

## Literature

1. 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 de Laval, Québec, Canada. 197 p.
2. Berti F., Hofs J.L., Zagbai H.S. & Lebailly P., 2006, Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10**, 4, 271-280.
3. Bourland F., Oosterhuis D.M. & Tugwell N.P., 1992, Concept for monitoring the growth and development of cotton plants using main-stem node counts. *J. Prod. Agric.* **5**, 532-538.
4. De Maceido Vieira R., De Beltrao M.N.E. & De Medeiros A.A., nd, Developments in the Brazilian Cotton to Attend the Industry Needs. [http://www.icac.org/meetings/plenary/62gdansk/documents/open\\_4/os4\\_e\\_vieira.pdf](http://www.icac.org/meetings/plenary/62gdansk/documents/open_4/os4_e_vieira.pdf) (consulté le 25-02-2012).
5. Fok A.C.M., 1998, Cotton yield stagnation: addressing a common effect of various causes. Communication presented to Conference 'World Cotton Research Conference 2', Athens, September 5-11, 1998, 38-45 pp.
6. Gabre-Madhin E.Z. & Haggblade S., 2003, Successes in African agriculture: results of an expert survey. IFPRI, Washington, 43 p.
7. Hitimana L. & Zoundi J.S., 2011, Approche régionale pour la dynamisation des filières cotonnières en Afrique de l'Ouest. *Glocal revue africaine sur le commerce et le développement*, N° 4 mars-avril, Numéro spécial sur le coton. Pp. 43-45.
8. Lancon J., 1995, Effet de la densité de semis en sélection sur l'amélioration génétique du cotonnier: interaction, structures de corrélations, hétérosis et valeur en lignées. Thèse de Doctorat, Paris, Université de Paris-Orsay. 119 p.
9. Mendez Del Villar P., Alvez L.R.A. & Keita M.S., 2006, Facteurs de performance et de compétitivité des exploitations cotonnières au Brésil, aux États-Unis et au Mali. *Macroéconomie et mondialisation. Cahiers Agricultures*, **15**, 1, 23-34.
10. Mergeai G., 2006, Contributions possibles des innovations génétiques pour l'amélioration de la compétitivité des filières cotonnières africaines. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10**, 4, 345-350.
11. N'doye O., Roy-Macauley H., Faye M.D., Sangare A. & Sérémé P., 2011, La recherche cotonnière en Afrique de l'Ouest et du Centre. *Glocal revue africaine sur le commerce et le développement*, N° 4 mars-avril, Numéro spécial sur le coton. p. 37-39.
12. OXFAM, 2002, Cultiver la pauvreté: l'impact des subventions américaines au coton sur l'Afrique. OXFAM International, Document de Briefing, 44 P.
13. Sanfo D., 1998, Amélioration génétique du cotonnier. Rapport annuel de campagne, 30 p.
14. Sekloka E., 2006, Amélioration de l'efficacité de la sélection pour le rendement en coton graine du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. dans un contexte de nouveaux itinéraires techniques. Thèse de Doctorat, ENSA/Rennes, France, 192 p.
15. Sekloka E., Djaboutou M., Hougni A., Sinha M., Koueglo E. & Hounton T., 2006, Amélioration génétique du cotonnier: essais multiloaux, amélioration génétique classique en station, amélioration génétique participative. Rapport de campagne 2005-2006. 47 p.
16. Texier P.H., 2008, Quel avenir pour le coton des pays africains de la zone franc ? *Forum coton. Grain de sel* N° 45 Décembre 2008-Février 2009, pp. 9-10.

L. Bourgou, Burkinabè, DEA, Agricultural Engineer, Cotton Breeder, Institute for the Agricultural and Environmental Research (INERA).

D. Sanfo, Burkinabè, DEA, Research Engineer, Cotton Breeder, Institute for the Agricultural and Environmental Research (INERA).

# A Double-Hurdle Model of Fertilizer Adoption and Optimum Use among Farmers in Southern Nigeria

S.B. Akpan<sup>\*1</sup>, Veronica S. Nkanta<sup>2</sup> & U.A. Essien<sup>3</sup>

Keywords: Fertilizer- Adoption- Optimum- Crop- Farmer- Double hurdle- Nigeria

## Summary

*This study determines decision variables that influence fertilizer adoption and optimal intensity use among crop farmers in Abak agricultural zone of Akwa Ibom state in Southern Nigeria. Primary data were obtained from 150 arable- crop farming household heads in the study area. An independent double hurdle model was used to analyze the objectives of the study on the assumption that adoption and optimal use of fertilizer by respondents were two independent decisions influenced by different factors. Empirical estimates of the first hurdle reveals that family size, farm size, perceived price of fertilizer, years in farming business, value of crop output, extension agent visit, number of goats and sheep kept by farmers, and decision to own poultry are statistically significant decision variables that influenced the probability of adopting fertilizer by farming household heads in the study area. Estimates of the second hurdle revealed that, the decision to use optimum intensity of fertilizer by farming household heads was influenced by age, gender, farm size, purpose of crop production, perceived price of fertilizer, crop output, number of goats and sheep kept by respondents, and distance to fertilizer selling point. To encourage fertilizer adoption and its optimal usage, the price of fertilizer should further be subsidized and extension unit in the state strengthened to educate farmers more on the importance of fertilizer. Also, fertilizer selling units should be located at strategic points in the rural areas in the state so as to reduce the transportation and purchasing costs.*

## Résumé

*Un modèle "Double hurdle" d'adoption d'engrais et son utilisation optimale chez les agriculteurs dans le sud du Nigéria*

*Cette étude nous démontre des facteurs variables qui influent sur l'adoption de l'engrais et son utilisation optimale parmi les cultivateurs de récolte dans la région agricole d'Abak, située dans l'Etat d'Akwa Ibom au sud du Nigéria. Les données primaires étaient recueillies chez 150 leaders de familles agricultrices qui ont des récoltes arables dans le territoire d'étude. Un modèle indépendant «double hurdle» était utilisé pour analyser les objectifs de cette étude sur l'hypothèse que l'adoption et l'utilisation optimale d'engrais par les sondés étaient les deux décisions indépendantes influencées par différents facteurs. Les estimations empiriques du « first hurdle » nous montrent que la taille de famille, la taille de ferme, le prix discerné de l'engrais, les années d'existence des entreprises agricoles, la valeur de production agricole, des visites de l'agent d'extension agricole, le nombre de chèvres et de moutons chez les fermiers, la décision d'avoir de la volaille sont statiquement des décisions fondamentales variables qui ont influencé la probabilité d'adopter l'engrais par les leaders de familles agricultrices dans le territoire d'étude. Les estimations du «second hurdle» ont révélé que, la décision d'adopter l'intensité optimale d'engrais par les leaders de familles agricultrices était influencée par l'âge, le sexe, la taille de ferme, l'objectif de production de récolte, le prix perçu d'engrais, la valeur de récolte, le nombre de chèvres et de moutons gardé par les sondés, et la proximité au marché d'engrais. Pour encourager l'adoption de l'engrais et son utilisation optimale, le prix d'engrais doit être encore subsidié et le bureau d'extension agricole de l'Etat renforcé pour sensibiliser davantage les cultivateurs sur l'importance des engrais. De plus, les points de vente d'engrais doivent être situés aux localités stratégiques dans les zones rurales de l'Etat pour pouvoir réduire le transport et le coût d'achat.*

## Introduction

In Africa, agriculture is a sturdy alternative for stimulating economic growth, overcoming rural

poverty and enhancing food security as well as achieving sustainable development (6, 11, 12, 13, 15).

<sup>1</sup>Department of Agricultural Economics and Resources Management, Akwa Ibom State University, Ikot Akpaden, Mkpat Enin. P.M.B. 1167, Uyo, Akwa Ibom State Nigeria.

<sup>2</sup>Department of Agricultural Economics and Extension, University of Uyo, Akwa Ibom State, Nigeria.

<sup>3</sup>Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

\*Corresponding author

Received on 23.12.2011 and accepted for publication on 25.07.12.

However, agricultural productivity in the Sub Saharan Africa has continued to decline over the last decades and poverty levels have increased (14). Currently, agricultural productivity growth and development in the region are far behind that of other regions in the world, and is well below that which is required to achieve food security and poverty reduction goals of the sub region. Many farmers in the Sub-Sahara African countries are facing declining crop yields, which have adverse effect on the region’s economic growth policy. A prominent constraint to higher productivity among farmers in the region is the “soil infertility” related mainly to the low nutrient status of the soils and continuous cultivation without planned replenishment of the depleted soil nutrients (14).

In Nigeria, agricultural production like in most developing countries is dominated by small scale farm producers who constitute about 80% of the farming population (4, 12). One major problem faced by farmers in Nigeria especially in the erosion prone region of the South-South is “land fragmentation” imposed by increasing population density and urbanization. This has resulted in increasing land use intensification leading to the collapse of the traditional fallow system of cropping, increase soil depletion and low crop yield among farmers (5). Food and Agricultural Organization (FAO) reports on fertilizer use intensity among Nigerian farmers revealed an increasing fertilizer use rate from 1970 to 1993. The intensity however drops from 11.8 kg/ha in 1995 to 8.90 kg/ha, 9.0 kg/ha and 13.0 kg/ha in 1996, 2003 and 2009 respectively. The report further reveals that the fertilizer use rate among farmers in the country was far below the 200 kg/ha recommended by FAO for the sub Sahara African countries (1).

Many researchers in Africa (3, 11, 14) have found that the probability of adoption of fertilizer by arable crop farmers was affected by the ecological zone, farmer’s age, education, credit, purpose of crop production, distance to fertilizer market, output of crop, farm size, price of fertilizer and change agent (extension) visit to farmers. Also, past studies in developing countries have documented some factors that influenced fertilizer use intensity among arable crop farmers. For instance, (8, 11, 13) identified plot size, previous experience with fertilizer, supply of fertilizer, farm size, amount of rainfall, household size, price of fertilizer, credit availability, education of household head, household head expenditure, commercial crops, number of domestic animals, price of crops, club membership, extension service, number of adults per acre, idea or prediction of rainfall pattern by farmers, soil textures, prices of manure, age, farmer’s perception of price change, and employment type of household head as statistically significant decision variables that influenced the intensity of fertilizer application.

Akwa Ibom State like other parts of Nigeria has suffered gross soil nutrient mining due to the continuous

cropping and environmental pollution through activities of oil exploitation (2). In the state, intensive cropping is gradually replacing the traditional shifting cultivation that is associated with the long period of land fallowing. Hence, declining soil fertility has been highlighted as one of the major reasons for the slow growth rate in food production in the state (10). In spite of the early adoption of fertilizer technology by arable crop farmers in Akwa Ibom state, arable crop outputs have not shown encouraging growth (2, 6). Also, past efforts of the state government in ensuring the availability of fertilizer and at a subsidized rate to farmers has not yielded the intended objective, given the present low productivity among crop farmers in the state (2, 6). Therefore, following the current situations of low growth rate of arable crop outputs, there is need to uncover factors which could hinder smooth adoption and optimal used of fertilizer technology among arable crop farmers in Akwa Ibom state. The study specifically determines factors that influenced adoption of fertilizer technology and the optimum use intensity among farming household heads in Akwa Ibom state in southern part of Nigeria.

**Research Methodology**

**1. Study Area, Sampling Procedure and Source**

The study was conducted in Abak agricultural zone of Akwa Ibom State in the Southern part of Nigeria. The zone consists of five local government areas; these are Abak, Oruk Anam, Etim Ekpo, Ukanafun and Ika local government areas. The state has a population of about 3,920,208 consisting of 2,044, 510 males and 1,875,698 females (9). Multi-stage random sampling procedure was used to select 150 respondents who were solely arable crop farming household heads.

**2. Method of Data Analysis**

Equation 1 shows the fertilizer use intensity (Y) as defined by (8).

$$Y = \frac{\text{kg of fertilizer}}{\text{hectare of land}} \dots\dots\dots(1).$$

This study employs the double-hurdle model with the assumption that, fertilizer adoption and optimum use intensity are two distinct or independent decisions. Double-hurdle model was formulated by Cragg (7); the model assumes that farming household heads make two sequential decisions with regard to adoption and intensity of use of fertilizer technology. The first hurdle is the fertilizer adoption equation estimated by using a probit model as described in equation 2.

$$\text{Index Equation } d_i^* = X'_{it}\beta_1 + U_i, U_i \sim N(0,1) \dots(2)$$

$$\text{Threshold index Equation } d_i = \begin{cases} 1 & \text{if } d_i^* > 0, \text{ and is } 0 \text{ if } d_i^* \leq 0 \end{cases}$$

Where  $d_i^*$  is the latent discrete adoption choice

variable that denotes binary censoring,  $X'_{1i}$   $X'_{2i}$  is vector of explanatory variables hypothesized to influence adoption choice and  $\beta_1$   $\beta_2$  is vector of parameters.  $U_i$   $U_i$  is the standard error term and  $d_i$   $d_i$  is the observed quantity of fertilizer representing the respondent's participation decision (i.e. 1 means the respondent is reporting fertilizer intensity greater than 0, and 0 means otherwise). The second hurdle involves an outcome equation, which uses a truncated model to determine the extent of optimum intensity use of the fertilizer technology. This stage uses observations only from farming household heads who reported positive and greater than optimum fertilizer intensity use. The truncated model, which closely resembles Tobit's model, was expressed as shown in equation 3.

$$Y_i^* = X'_{2i}\beta_2 + V_i, \quad V_i \sim N(0, \sigma^2) \dots\dots\dots(3)$$

**Double – Hurdle Model**  $Y_i = \begin{cases} Y_{1i}^* & \text{if } d_{1i} = 1 \text{ and } Y_{1i}^* > Y_{10} \\ 0 & \text{if } d_{1i} \leq 1 \text{ and } Y_{1i}^* \leq Y_{10} \end{cases}$

$Y_i$   $Y_i$  is the observed fertilizer use intensity for the sample respondents.  $Y_0$  is the threshold or the minimum fertilizer use intensity consider as the optimum in the study area. In this study, we kept the threshold intensity at 100 kg/ha. This figure was arrived at by using the reports from the Akwa Ibom state ministry of agriculture and supported by the data we got from the field.

Therefore the empirical model used to estimate the Probit and the truncated model of fertilizer use intensity is given below;

$$\text{Adopt or } Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{AGE} + \beta_2 \text{GEN} + \beta_3 \text{EDU} + \beta_4 \text{HHS} + \beta_5 \text{CRE} + \beta_6 \text{LANS} + \beta_7 \text{CRP} + \beta_8 \text{PRI} + \beta_9 \text{EXP} + \beta_{10} \text{OUT} + \beta_{11} \text{EXTEN} + \beta_{12} \text{DANI} + \beta_{13} \text{PANI} + \beta_{14} \text{LAC}$$

Where Adopt is the fertilizer adoption among farming household heads and which takes the value of 1 for adopters and 0 otherwise.  $Y_i$   $Y_i$  is the quantity of fertilizer per hectare use by respondents in the study area;

Other variables in the model are as defined below;

AGE= age of a farmer (years); GEN= gender of a farmer (1= Male, 0= female); EDU= years of formal education of farmers (years); HHS= household size of farmer (number); CRE= access to farm credit by farmers (1= accessed and 0 otherwise); LANS= land size cultivated by farmers (hectare); CRP= purpose of crop grown by farmer (1= commercial crop, 0 = otherwise); PRI= perceived price of fertilizer by farmers (1= high price and 0= low price); EXP= number of year(s) spent as a crop farmer; OUT= value of farm output of farmers in naira (₦); EXTEN= extension agent contact (number of times); DANI= number of domestic animals (i.e. Goats and Sheep); PANI= Poultry ownership (1= own poultry enterprise, 0 otherwise); LAOW= Land ownership (1= inheritance, 0 otherwise); DIS= distance to fertilizer

selling point (1= far, 0= otherwise); U= stochastic error term

## Results and Discussion

The independent double hurdle model assumes that the two error terms from the two hurdles are normally distributed and uncorrelated. This implies that the two-stage decision of adoption and optimum fertilizer use intensity are done independently by respondents. To test whether the two decisions were independent, we investigated the relationship between the error term in the first hurdle and second hurdle in our models. The result of the exercise revealed that the error terms were uncorrelated. This implies that factors that influence farming household heads decision to adopt fertilizer were unassociated with the decision variables in the second hurdle involving optimal use of fertilizer technology. This result confirmed the relevant of the double hurdle model used in this study.

### 1. Factors that influence probability of fertilizer adoption and the optimal intensity use among farming household heads in Abak Agricultural Zone in Akwa Ibom State, Nigeria

Table 1 presents the maximum likelihood estimates of the independent double-hurdle model. The log-likelihood ratio (LR) and the information criteria attest to the reliability of the model. This implies that factors that influence the two-stage decision relating to adoption and optimum use of fertilizer in the study area can well be expressed in the independent double hurdle model. Coefficients in the first hurdle indicate how a given decision variable affects the likelihood (probability) to adopt fertilizer. Those in the second hurdle indicate how decision variables influence the level of optimum fertilizer usage.

The result of the first hurdle (Probit Model) indicates that family size, farm size, perceived high price of fertilizer, number of years spent as farmer, value of farm output, number of extension agent visits, number of goats and sheep kept by the farmers and poultry ownership are statistically significant decision variables that influenced the probability of adopting fertilizer technology among farming household heads in the study area. The marginal effects of the Probit model show changes in the probability of adoption of fertilizer for additional unit increase in the independent or decision variables.

The probability of fertilizer adoption reduces by 1.22% for every member increase in the farming household head's family. This implies that, as the family size of farming household head increases, the probability of adopting fertilizer reduces.

The result satisfies *a priori* expectation, because increase in the household size would increase the family expenditure and probably reduce farm expenditures. This also shows that most farming household heads

**Table 1**  
**Maximum likelihood estimates of Double Hurdle models for adoption and optimum fertilizer use intensity among farming household heads in Abak Agricultural Zone in Akwa Ibom State, Nigeria**

Variables	Independent Double Hurdle Model		
	1 <sup>st</sup> Hurdle (Probit)	Marginal effect in Probit model	2 <sup>nd</sup> Hurdle (truncated model)
Constant	-0.779(-0.69)	-	-816.734(-3.62)***
Age	-0.007(-0.27)	-0.0004	29.347(3.35)***
Age <sup>2</sup>	-	-	-0.290(-3.33)***
Gender	0.384(0.76)	0.0295	157.448(2.83)***
Education	0.018(0.37)	0.001	-4.179(-0.28)
Education <sup>2</sup>	-	-	0.473(0.61)
Family size	-0.192(-2.17)**	-0.0122	-3.025(-0.46)
Credit access	-0.078(-0.14)	-0.0052	-0.452(-0.01)
Farm size	2.081(2.46)**	0.1323	-115.964(-1.92)*
Purpose of crop	0.253(0.61)	0.0173	140.983(3.31)***
Price of fertilizer	-2.361(-5.37)***	-0.2442	-267.268(-6.52)***
Years in farming	-0.062(-2.78)***	-0.0039	0.799(0.41)
Output value	7.8e-06(2.42)**	4.95e-07	0.001(1.79)*
Extension agent	1.171(2.47)**	0.1174	21.513(0.55)
Domestic animal	-0.215(-3.32)***	-0.0137	-10.451(-3.80)***
Poultry birds	-0.673(-1.67)*	-0.0460	-78.772(-2.03)**
Land ownership	-0.016(-0.039)	-0.0010	16.746(0.42)
Distance to selling point	0.357(0.83)	0.0234	-101.320(-2.60)***
Chi square	52.25(0.00)		45.53(0.00)
Log-likelihood	-38.71		-503.87
Akaike criterion	109.43		1045.74
Hannan-quinn	128.99		1068.97
Schwarz criterion	157.59		1102.94

Note: \*, \*\* and \*\*\* represent 10%, 5% and 1% significant levels respectively. Variables are as defined in equation 4.

in the study area are poor.

A unit increase in the household head farm size reduces the likelihood of adopting fertilizer by 13.23%. The result perhaps suggests the subsistence nature of arable crop production in the study area.

The result also revealed that, when farming household heads perceived higher price for fertilizer, the tendency of adopting fertilizer technology would reduce by 24.42%. The result satisfies the *a priori* expectation because farming household heads are assumed to be rational consumers and will adjust to input price change subject to budget constrained.

The magnitude of the marginal effect of the perceived high price of fertilizer suggests that fertilizer price is the most important decision variable that prevents farming household head to overcome the second hurdle.

The probability of adopting fertilizer by farming household heads in the study area decreased by 0.39% for every additional year they spent as farmers. This could be attributed to the experience gather over the years in coping with the menace of soil infertility. The use of substitutes and conservativeness due to the cultural practice could also be linked to the result.

Increase in agricultural extension visit increases the

probability of adopting fertilizer technology by 11.74%.

The result indicates that the extension agent visit has the tendency of creating more awareness and better information to the farming household heads on the importance of fertilizer technology.

The result also revealed that increase in the value of farm output increases the probability of adopting fertilizer technology by 0.000000495%. Though the increase is marginal; this could be attributed to the beliefs often associated to the cultural norms, values and beliefs among farmers in the study area. Furthermore, increase in the number of goats and sheep kept as well as poultry ownership reduces the probability of fertilizer adoption by 1.37% and 4.60% respectively. The results satisfy *a priori* expectation, because these domestic animals constitute a good source of organic manure which serves as a good substitute to fertilizer. However, based on the magnitude of the slope coefficients, farm size and extension agent visits impacted more on the probability of fertilizer adoption compared to other significant variables. These findings however agree with the reports of many researchers (8, 11, 13, 14). The result of the truncated model reveal that age, gender, farm size, purpose of crop cultivation,

perceived price of fertilizer, value of crop output, number of goats and sheep kept, decision to keep poultry birds and distance to fertilizer selling point are statistically significant decision variables that influence the decision to use optimum fertilizer by the farming household heads in the study area. Increased in the Age of farming household head, commercial purpose of arable crop production and male gender of the farming household heads in the study area are positive determinants of optimum fertilizer use intensity in Abak agricultural zone of Akwa Ibom state in southern Nigeria.

On the other hand, continuous increase in the respondent's age, farm size, perceived high price of fertilizer, value of crop output, number of goats and sheep kept by respondent and decision to own poultry as well as the far distance to fertilizer selling point were negative determinants of optimum fertilizer use among farming household heads. The result corroborates the finding of many researchers (3, 11, 14)

## Conclusion

The study identifies factors influencing fertilizer adoption and optimum intensity use among small holder arable crop farmers in Abak agricultural zone of Akwa Ibom state, southern Nigeria. Econometric analysis of decision variables reveal that family size, farm size, perceived price of fertilizer, years in farming business, value of crop output, extension agent visit, number of goats and sheep kept by farmers, and decision to own poultry are statistically significant

decision variables influencing the probability of adopting fertilizer by farming household heads in the study area. However, the magnitude of farm size and extension agent visit were greater compared to other significant variables. On the other hand, the decision to use optimum intensity of fertilizer by farming household heads was influenced by age, gender, farm size, purpose of crop production, perceived price of fertilizer, crop output, number of goats and sheep kept by respondents, and distance to fertilizer selling point. To increase the probability of fertilizer adoption in Akwa Ibom state, southern Nigeria the study advocates for the sensitization of arable crop farm household heads in the state on the current method of family planning as this would help to cut non-farm cost and help increase fertilizer procurement. Also, the extension department of the Akwa Ibom State Ministry of Agriculture should be strengthened to educate arable farmers more on the importance of fertilizer use. On the other hand, to promote sustainable optimum intensity of fertilizer use, the study calls for the following intervention policies: First, the Akwa Ibom state government should further subsidize the price of fertilizer to make fertilizer more affordable to poor small holder farmers in the state. Second, the fertilizer selling units should be located in strategic points at the rural areas in Akwa Ibom State so as to reduce the transportation and purchasing costs. Finally, research on the development of local manure sources to complement the use of the mineral fertilizer should be intensified as this would encourage adoption and optimal use of fertilizer in the study area.

## Literature

1. Adepetu J.A., 1997, Soil and Nigeria food security. Inaugural Lecture Series 119, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Pp.19.
2. Akwa Ibom state Ministry of Agriculture Publication (AKSMA), 2010 and 2011, An annual publication of Akwa Ibom state ministry of Agriculture.
3. Amanze B., Eze C. & Eze V., 2010, Factors influencing the use of fertilizer in arable crop production among smallholder farmers in Owerri Agricultural zone of Imo State. *Academia Arena*; 2(6), Pp. 90-96.
4. Awoke M.U. & Okorji C., 2004, The determination and analysis of constraints in resource use efficiency in multiple cropping systems by small-holder farmers in Ebonyi State, Nigeria. *Africa Development*.2004; Vol. **XXIX**, N° 3 August 2004, Pp. 58-69.
5. Azagaku E.D. & Anzaku H., 2002, Effect of NPK fertilizer levels on the growth and development of early maturing maize cultivar (TZESR -W). In: M. Iloje, G. Osuji, Udoh H. and G Asumugha (eds). *Agriculture: A Basis for Poverty Eradication and Conflict Resolution*. Proceedings of the 36<sup>th</sup> Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria Held at the Federal University of Technology Owerri, Nigeria, 20-24 October 2002, pp.106-111.
6. Central Bank of Nigeria (CBN), 2010, Statistical Bulletin.
7. Cragg J., 1971, Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods. *Econometrica* 39:829-844.
8. John O., Geophrey S. & Mary M., 2009, Agricultural technology adoption: a panel analysis of smallholder farmers' fertilizer use in Kenya. Contributed paper prepared for presentation at the African Economic Research Consortium Conference on Agriculture for Development.
9. NPC, 2006, National Population Commission Census Data.
10. Ogunmola R.O., 2007, Perception of farmers toward the use of agro-chemical and Organomineral fertilizer among rural dwellers in Afijio Local Government of Oyo State. Unpublished B.Sc. project in the Department of Agric. Extension and Rural Development, University of Ilorin.
11. Olawale O., Arega D. & Arega I., 2009, Determinants of fertilizer use in Northern Nigeria. *Pakistan Journal of social Sciences*, **6**, 2, 91-98.
12. Sunday B.A., Edet. J.U. & Aya. E.A., 2010, Fertilizer-manure substitution among arable crop farmers in Akwa Ibom State: empirical evidence. *Global Journal of Agricultural Sciences*, **9**, 1, 37-40.
13. Sunday B.A., & Aya E.A., 2009, Determinants of fertilizer use among small-holder farmers in Wetland Region of Cross River State. *Global Journal of Agricultural Sciences*, **8**, 2, 195-201.
14. Wanyama J.M., Mose L.O., Rono S.C. & Masinde A.A.O., 2009, Determinants of fertilizer use and soil conservation practices in maize based cropping system in Trans Nzoia District, Kenya. A publication of Kenya Agricultural Research Institute, Kitale.
15. World Bank, 2008, Agriculture for Development. World Development Report 2008. Washington: World Bank.

S.B. Akpan, Nigerian, Ph.D and a Research fellow, Department of Agricultural Economics and Resources Management, Akwa Ibom State University, Ikot Akpaden, Mkpatt Enin. P.M.B. 1167 Uyo, Akwa Ibom State Nigeria E-mail: [sundayakpan10@yahoo.com](mailto:sundayakpan10@yahoo.com);

Veronica S. Nkanta, Nigerian, B. Agric, Department of Agricultural Economics and Extension, University of Uyo, Akwa Ibom State, Nigeria. E-mail: [joveputty@yahoo.com](mailto:joveputty@yahoo.com);

U.A. Essien, Nigerian, Ph.D student (in agricultural credit), Department of Agricultural Economics, University of Nigeria Nsukka, Nigeria. E-mail: [generatebons@yahoo.com](mailto:generatebons@yahoo.com)

## LES ACTIONS DE LA DGD

## DGD'S ACTIVITIES

## DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD

## LAS ACTIVIDADES DEL DGD

## Interests of Establishing a Local Chain of Production and Marketing Based on the Cultivation of *Jatropha curcas* L.) in the Rural Community of Dialacoto (Tambacouda Region, Eastern Senegal)

Opportunities to develop a local chain of production, transformation, and marketing based on jatropha cultivation were investigated from 2008 to 2012 in the rural community of Dialacoto in the framework of an NGO project funded by the DGD. The partners of this project were the NGOs OPDAD (Organisation pour la Promotion d'un Développement Autonome de Dialacoto) and ADG "Aide au développement Gembloux". The activities were supervised by Prof. Guy Mergeai from the unit of Tropical crop husbandry and Horticulture of Gembloux Agro-Bio Tech (University of Liège).

The researches have mainly concerned how to integrate jatropha cultivation in existing cropping systems, the modalities to process the seeds with a manual Bielenberg press, and the opportunities for a local transformation and marketing of oil and oilcakes obtained by pressing seeds.

The ways to integrate the cultivation of jatropha in the traditional farming systems were studied using two participatory investigation methods and by carrying out agronomic trials on experimental plots. An action research was conducted with three groups of six farmers in order to determine the best modalities of installation and maintenance of jatropha plants. The fields of 24 farmers where jatropha plants were installed as a sole crop, intercropped with cultivated annual plants, or as a living hedge were closely monitored. These fields were selected among the 295 plots that had been planted before or at the beginning of the project. Under the current conditions of remuneration of jatropha seeds in Senegal (65 Fcfa.kg<sup>-1</sup> dry seeds), and given the low seed yield (less than 200 kg. ha<sup>-1</sup> for the best tended plots after five years) and the low precocity of the available planting material, the sole and the intercropping of jatropha is not profitable. The development of efficient intercropping systems adapted to the farmer's constraints seems possible, subject to the selection of varieties of jatropha both early and productive, and to an increase in the purchase price of the seeds. Substantial research involving directly the farmers remains to be carried out to develop these intercropping systems. The establishment of living hedges is for the moment the only installation method that can be recommended to farmers. In addition to providing supplementary income related to seed harvest, hedgerows provide different benefits appreciated by farmers: land demarcation, soil protection against wind and water erosion, improved soil water balance and windbreak effect favorable to crop development, crop protection against wandering ruminants, and enclosure for the cattle. These various benefits and the low risk taken by installing hedgerows explain that this method of planting was the most often selected spontaneously by farmers.

The production cost of a liter of jatropha filtered oil using a Bielenberg press rises to 1056 FCFA. At such a cost, jatropha oil is not competitive compared to its direct use for diesel engines in rustic Lister type used to operate multifunctional platforms. Local production of soap is the only local outlet with high potential for oil produced with a manual press. The price of locally produced soap with this oil is competitive compared to that of the industrial soap available on the market and its quality is highly appreciated by potential customers. The use of oil as a bio-pesticide and as fuel for lighting could be interesting opportunities but further investigations are needed to confirm this. This applies also to the use as fertilizer of the oilcakes produced by pressing seeds.

The complete report of this project can be consulted at the following link: [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703\\_document\\_synthèse\\_jatropha\\_vf.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703_document_synthèse_jatropha_vf.pdf)



## Intérêts de mettre en place une filière courte basée sur la culture du *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) dans la communauté rurale de Dialacoto

Les possibilités de développer une filière locale basée sur la culture du jatropha ont été investiguées de 2008 à 2012 au niveau de la communauté rurale de Dialacoto (Région de Tambacouda, Sénégal oriental). Dans le cadre d'un projet ONG co-financé par la DGD. Les partenaires de ce projet ont été les ONG OPDAD (Organisation pour la Promotion d'un Développement Autonome de Dialacoto) et ADG "Aide au développement Gembloux". Les activités ont été supervisées par le Prof. Guy Mergeai de l'unité de Phytotechnie tropicale et Horticulture de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège).

Les recherches ont principalement concerné la manière d'intégrer la culture du jatropha dans les systèmes de production existant, les modalités de transformation des graines avec une presse manuelle de type Bielenberg et les possibilités de valorisation locale de l'huile et du tourteau obtenus par pressage des graines. Les modalités d'intégration de la culture du jatropha dans les systèmes de production agricole traditionnels ont été étudiées en appliquant deux méthodes d'investigations participatives et en réalisant plusieurs essais agronomiques en milieu contrôlé. Une recherche-action a été menée avec trois groupes de six agriculteurs en vue de déterminer les meilleures modalités d'installation et d'entretien du jatropha. Un suivi rapproché 24 parcelles paysannes parmi les 295 où le jatropha avait été installé avant le démarrage du projet ou juste au début de celui-ci selon une des trois modalités de plantation étudiées (en culture pure, en association avec des plantes cultivées annuelles ou sous forme de haie vive) a été réalisé. Dans les conditions de rémunération moyenne des graines de jatropha au Sénégal en 2012 (65 FCFA /0,1 EUR. kg<sup>-1</sup> de graines sèches), compte tenu du faible rendement en graines (moins de 200 kg. ha<sup>-1</sup> de graines sèches après 5 ans dans les parcelles les mieux entretenues) et de la lenteur d'entrée en pleine production du matériel végétal disponible, la culture du jatropha sans application d'intrants, seul ou en association, n'est pas rentable. Le développement d'associations culturales performantes et adaptées aux contraintes des paysans semble possible, sous réserve de la sélection de variétés de jatropha à la fois précoces, rustiques et productives et d'une augmentation du prix d'achat des graines. D'importants travaux de recherche impliquant directement les paysans restent cependant encore à réaliser pour mettre au point ce type de système de culture. La mise en place de haies vives est pour l'instant le seul mode de culture du jatropha recommandable aux paysans. Outre la fourniture d'un revenu complémentaire lié à la récolte des graines, les haies vives apportent différents bénéfices appréciés par les agriculteurs : délimitation des parcelles, protection du sol contre l'érosion hydrique et éolienne, amélioration du bilan hydrique des sols et effet brise-vent favorables au développement des plantes cultivées, protection des cultures contre les animaux divagants, constitution d'enclos pour garder le bétail. Les haies vives sont en outre potentiellement favorables au développement des populations d'auxiliaires des cultures. Ces différents avantages et le peu de risques pris en installant des haies vives expliquent que ce mode de plantation soit celui auquel les agriculteurs ont eu le plus souvent recours spontanément. Le coût de production d'un litre d'huile filtrée de jatropha avec une presse de type Bielenberg s'élève à 1056 FCFA (1,62 EUR). A un tel prix de revient, l'huile de jatropha n'est pas concurrentielle vis-à-vis du diesel pour son utilisation directe dans des moteurs rustiques de type Lister utilisés pour faire fonctionner des plateformes-multifonctionnelles. La production de savon constitue le seul débouché local à fort potentiel pour l'huile produite avec une presse manuelle. Le prix du savon produit localement avec cette huile est concurrentiel vis-à-vis de celui du savon industriel disponible sur le marché et sa qualité est hautement appréciée par les clients potentiels. L'emploi de l'huile comme bio-pesticide et comme combustible d'éclairage pourrait constituer des débouchés intéressants mais des investigations complémentaires sont nécessaires pour confirmer cela. Il en va de même pour l'utilisation du tourteau produit par pressage des graines comme fertilisant.

Le rapport complet concernant ce projet peut être consulté en utilisant le lien suivant :

[http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703\\_document\\_synthese\\_jatropha\\_vf.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703_document_synthese_jatropha_vf.pdf)

## BIBLIOGRAPHIE

### BIBLIOGRAPHY

## BOEKBESPREKING

### BIBLIOGRAFIA

### Le palmier à huile

Auteur: Jean-Charles Jacquemard

Edition: 2012

Collection: Agricultures tropicales de poche

Editeur: Quae/Cta/Presses agronomiques de Gembloux

240 p., 13 tabl., 21 fig., 63 photos en couleurs.

ISBN 978-2-87016-115-9

BEL: 25 € / ETR: 25 € + frais de port

Bon de commande sur le site: Commandes

- par le site internet [www.pressesagro.be](http://www.pressesagro.be)
- par mail [pressesagro.gembloux@ulg.ac.be](mailto:pressesagro.gembloux@ulg.ac.be)
- par téléphone 00.32.81.62.22.42
- chez les libraires.



L'huile de palme, extraite de la pulpe des fruits du palmier à huile est aujourd'hui la première source de corps gras végétal sur le marché mondial, c'est un élément majeur de la sécurité alimentaire des pays d'Asie et de la ceinture tropicale. Revers de ce succès, la filière fait l'objet de critiques parfois vives quant à son impact sur l'environnement et la déforestation. Fondé sur les connaissances scientifiques et techniques accumulées par les chercheurs et experts du Cirad, cet ouvrage prend également en compte le travail accompli en matière de développement durable du palmier à huile depuis le début des années 2000, qui devrait conduire rapidement à une certification de la filière garante de bonnes pratiques. D'une culture respectant l'objectif d'une production durable aux effets de la consommation de l'huile de palme sur la santé humaine, cet ouvrage aborde tous les aspects de la plante et de ses produits : marché, morphologie et biologie, création et exploitation d'une palmeraie avec étude d'impact environnemental et socio-économique, extraction et utilisation des produits et sous-produits, sécurité au travail et santé. Rédigé en un langage simple et clair, ce guide technique est d'abord destiné à un large public de professionnels de terrain. Il sera aussi un outil de référence pour les chercheurs et les étudiants voulant se documenter sur cette plante.

### L'auteur

Jean-Charles Jacquemard est ingénieur agronome et chercheur au Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Spécialiste du palmier à huile, il travaille depuis quarante ans sur le terrain. Il est depuis dix ans conseiller scientifique et technique auprès de PT Socfindo en Indonésie. Il a été membre titulaire du comité d'experts chargé de la rédaction des principes et critères RSPO (Round Table for Sustainable Palm Oil), association dont l'objectif est de promouvoir le développement et l'utilisation de produits d'un palmier à huile durable.

## ORGANIZACIÓN

### Naturaleza de la entidad responsable de la publicación y el asunto de la revista TROPICULTURA.

Agri-Overseas a.s.b.l. es una asociación creada con el objetivo de establecer relaciones profesionales de interés común entre todos aquellos quienes obran para el desarrollo rural en los países del Sur. Esta asociación publica la revista científica y de información "Tropicultura" dedicada a los problemas rurales en los países en desarrollo. Esta revista es publicada trimestralmente con el apoyo financiero de la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGD), Servicio Público Federal de Asuntos exteriores, Comercio Exterior y Belgas Cooperación al Desarrollo, y aquel de la región de Bruselas-Capital; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM) y del apoyo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CIUF) y del Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de miembros de las instituciones belgas siguientes: la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM), la Comisión universitaria para el Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CUD-CIUF), la instancia de Cooperación Universitaria al Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Flamenca (VLIR-UOS), las cuatro Facultades en Ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux, Gent, Leuven y Louvain- La- Neuve), las dos Facultades en Medicina veterinaria (Gent y Liège), el Departamento de Salud animal del Instituto de Medicina tropical de Embres (Antwerpen), la Sección *interfacultaria* de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades Universitarias de Nuestra Señora de la Paz (Namur), El Departamento de Ciencias y gestión del medio ambiente de la Universidad de Liège (Arlon), la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGD).

### Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr J. Verduyts, Presidente; del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Administrador Delegado; del Dr E. Thys, Secretario; del Profesor Dr B. Losson, Tesorero; del Profesor J. Bogaert, miembro representante de la CUD-CIUF; del Profesor Ch. De Cannière, miembro representante de la ULB, del Profesor Honorario Dr S. Geerts, miembro representante de la ARSOM; del Profesor R. Merckx, miembro representante de VLIR y del Profesor Honorario Dr Ir J. Hardouin, miembro.

### Comité de redacción

El comité de redacción se compone del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Redactor en jefe, y de los siguientes redactores delegados: el Profesor Ch. De Cannière «la Selvicultura, la ecología del paisaje y de los sistemas de la producción vegetal», el Profesor Dr J.-P. Dehoux de «la Producción pecuaria y la Gestión de la fauna», el Dr D. de Lame de «la Sociología», el Profesor Honorario Dr F. Malaisse de «Ciencias forestales y la Ecología», el Profesor Emérito Dr J.-C. Micha de «la Pesca y la Piscicultura», el Profesor Emérito Dr Ir E. Tollens de «Economía rural», el Profesor Dr Ir P. Van Damme de «Agronomía», el Profesor Dr E. Van Ranst de «Ciencia del suelo», el Profesor Dr J. Verduyts y Dr E. Thys para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaria trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

### Secretaría de redacción

11, Rue d'Egmont, B- 1000 Bruxelles – Bélgica  
Teléfono: ++32.(0)2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.(0)2.540 88 59  
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net, midesmet.tropicultura@belgacom.net  
Website: <http://www.tropicultura.org>

### Distribución

La distribución de la revista TROPICULTURA es gratuita y puede ser obtenida con un simple pedido escrito, dirigido a la secretaria de redacción.

### ALCANCE DE LA REVISTA

TROPICULTURA publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, así como informes de películas y soportes audiovisuales en lo que concierne a todas las áreas vinculadas al desarrollo rural: producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, Ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, bioindustrias, industria agroalimentaria, sociología y economía.

### INSTRUCCIÓN A LOS AUTORES

Los temas de los artículos publicados en la revista Tropicultura conciernen todo lo es vinculado al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente de las regiones cálidas del planeta. Se dará la prioridad a los artículos que presentan asuntos originales, abarcando un ámbito lo más amplio posible, es decir cuyo contenido concierne sobre todo aspectos metodológicos transferibles en un conjunto amplio de medios ambientes y regiones del mundo.

De igual manera, se dará una atención particular en la fiabilidad de las informaciones publicadas, es decir, cuando se trata de resultados experimentales, en el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio, que son al origen de los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no habrán sido sometidos a una publicación anteriormente o simultáneamente. Se pueden redactar en uno de los cuatro idiomas siguientes: inglés, español, francés y holandés. Los manuscritos están dirigidos al redactor en jefe a través del servicio postal, en tres ejemplares, en forma de documento en papel o directamente a la dirección electrónica de la secretaria de redacción, en forma de archivos adjuntos. Se redactarán en cara simple, en doble espacio (27 líneas de 60 caracteres por página en formato DIN A4), con un margen de 3,5 cm mínimo alrededor de la superficie imprimada. Ellos contendrán un máximo de diez páginas de texto (excluyendo la primera página, los resúmenes y las referencias bibliográficas).

La primera página llevará: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, la dirección profesional completa de cada uno, los agradecimientos eventuales. El apellido del autor corresponsal será marcado mediante un "\*" y su dirección completada por sus números de teléfono y telecopia y de su dirección electrónica.

Las páginas siguiendo la primera página presentarán: (i) los resúmenes (max 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de un máximo de seis palabras claves dentro de cada uno de los dos idiomas; (ii) el texto principal; (iii) la bibliografía; (iv) se admitirán solamente tres cuadros numerados por medio de cifras árabes; (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número al verso; (vi) las leyendas de los cuadros y las ilustraciones. Todas las páginas serán numeradas en continuo. Se aceptarán tres figuras, dibujadas de manera profesional. Las fotografías serán proporcionadas no montadas, bien contrastadas sobre papel brillante. Solamente los coautores, quienes habrán manifestado por escrito su acuerdo para que su nombre figura en un manuscrito, aparecerán en la versión final del artículo publicado en Tropicultura. Los acuerdos escritos de los coautores concerniendo este punto podrán ser transmitidos al Comité de redacción en forma de correo postal o electrónico. La aprobación del organismo de tutela de los autores es supuestamente adquirida para todo artículo que se publica en Tropicultura. Agri-Overseas declina toda responsabilidad en esa materia.

El primer depósito de un artículo a la redacción podrá hacerse en forma impresa o en forma electrónica. En la medida de lo posible, después de la aceptación del artículo para publicación, el autor dará su última versión, revisada y corregida, sobre un disquete (o en forma de archivo adjunto). El software Word es recomendado pero una versión ASCII o RTF de los archivos es aceptada.

El texto estará generalmente dividido en introducción, material y método, resultados, discusión, conclusiones. La subdivisión del texto no sobrepasará de dos niveles. Los subtítulos, muy concisos serán conformados en minúsculas y jamás no serán subrayados.

Las referencias estarán citadas dentro del texto por medio de números ubicados entre paréntesis. En caso de citación de varias referencias, sus números se sucederán por orden ascendente.

Las referencias bibliográficas serán clasificadas por orden alfabético de apellidos de autores y por orden cronológico para un autor dado. Ellas estarán numeradas en continuo, comenzando por la cifra 1.

Para los artículos de revistas, las referencias comprenderán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo del artículo en el idioma de origen, el nombre de la revista, el número del volumen subrayado, los números de la primera y de la última página separadas por un guión.

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

Para las monografías, los elementos siguientes son esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el apellido del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado, el número total de páginas de la obra. Los informes de conferencias se tratan como monografías, además, ellos mencionarán si es posible el lugar, la fecha de la reunión y el (los) editor(es) científico(s).

Ejemplo: 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.

Una comunicación personal será mencionada en el texto por las iniciales del nombre, seguidas del apellido, comunicación personal y el año. Ejemplo (W.R. Allan, comunicación personal, 1988). Esta referencia no se volverá a tomar dentro de las referencias bibliográficas.

Las referencias anónimas serán mencionadas numéricamente en el texto y en las referencias bibliográficas. Anónimo (año). Título. Fuente (donde las informaciones pueden ser encontradas.)

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar todo artículo no conforme a las prescripciones mencionadas en la parte superior. Los artículos están sometidos a uno o a varios lectores escogidos por la redacción y esos lectores se mantendrán anónimos por los autores.

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá un compromiso de los diferentes autores a ceder sus derechos de publicación a TROPICULTURA.

# TROPICULTURA

2012 Vol. 30 N° 4

Four issues a year (October, November, December)

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

- Floral Biology and Hybridization Potential of Nine Accessions of Physic Nut *Jatropha curcas* L. Originating from Three Continents (*in English*)  
**L.E. Ahoton & F. Quenum** ..... 193
- Utilization of *Arachis hypogea* (Groundnut) and *Lablab purpureus* (lablab) Forage Meal Fed Sole or Mixed by Growing Rabbits (*in English*)  
**Grace T. Iyeghe-Erakpotobor** ..... 199
- Attempted Cultivation of *Jatropha curcas* L. in the Lower Senegal River Valley: Story of a Failure (*in English*)  
**Marieke Terren, S. Saverys, P. Jacquet de Haveskercke, S. Winandy & G. Mergeai** ..... 204
- Interaction between Onion Ecotypes Variability and Agroclimatic Factors in Niger (*in French*)  
**Habsatou Boukary, A. Romba, T. Adam, M. Barrage & M. Saadou** ..... 209
- Agromorphological and Phenological Variabilities of 10 Bambara Groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] Landraces Cultivated in Ivory Coast (*in English*)  
**Y. Touré, M. Koné, H. Kouakou Tanoh & D. Koné** ..... 216
- Principal Disease and Insect Pests of *Jatropha curcas* L. in the Lower Valley of the Senegal River (*in English*)  
**Marieke Terren, J. Mignon, C. Declerck, H. Jijakli, S. Savery, P. Jacquet de Haveskercke, S. Winandy & G. Mergeai** ..... 222
- Use of Wild Plants Species in Three Adjoining Village Southern Burkina Faso (*in French*)  
**Y. Guigma, P. Zerbo & Jeanne Millogo-Rasolodimby** ..... 230
- Statistical and Spatial Evaluation of the Belier Region (Ivory Coast) Hydromorphic Soils Fertility for Paddy Field Cultivation (*in French*)  
**G.F. Zro Bi, A.Yao-Kouamé & K.F. Kouamé** ..... 236
- Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: 1. Analysis Major Architectural and Agronomic Characteristics (*in English*)  
**L. Bourgou & D. Sanfo** ..... 243
- A Double-Hurdle Model of Fertilizer Adoption and Optimum Use among Farmers in Southern Nigeria (*in English*)  
**S.B. Akpan, Veronica S. Nkanta & U.A. Essien** ..... 249
- DGD'S ACTIVITIES..... 254
- BIBLIOGRAPHY..... 256

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 