

TROPICULTURA

2014 Vol. 32 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)

Driemaandelijks (oktober- november- december)

Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)



Boutures de *Jatropha curcas*

Crédit: G. Mergeai, 2013

Editeur responsable/ Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruyse
Avenue Louise 231 Louizalaan
1050 Bruxelles/Brussel

Avec le soutien
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer ARSOM, www.kaowarsom.be
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen KAOW, www.kaowarsom.be
en van het Brusselse Gewest



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

- Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC)
Prestaties van drie verschillende variëteiten van manioc (*Manihot esculenta* Crantz) geteeld in associatie met *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz in de omstandigheden van het Batéké Plateau (stad-provincie Kinshasa, DRC)
El rendimiento de tres variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivados en asociación con *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz en condiciones de la meseta de los Batéké (ciudad-provincia de Kinshasa, RDC)
B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai 158
- Réponse de deux variétés de tournesol (*Helianthus* sp.) à la fertilisation à base de fiente de poule sur un Hapli-Humic Ferralsol du Yongka Western Highlands Research Garden Park (YWHRGP) Nkwen-Bamenda, Cameroun, Afrique centrale
Reactie van twee zonnebloem variëteiten (*Helianthus* sp.) op bemesting met kippenmest op een Hapli-Humic Ferralsol van het Yongka West Highlands Garden Research Park (YWHRGP), Nkwen-Bamenda, Kameroen, Centraal-Afrika
Respuesta de dos variedades de girasol (*Helianthus* sp.) a la fertilización basada en el estiércol de pollo sobre un Hapli-húmicos Ferralsol del "Yongka la Western Highlands Research Garden Park (YWHRGP)", Nkwen-Bamenda, Camerún, África Central
B.P.K. Yerima, A.Y. Tiangne & E. Van Ranst 168
- Parasitisme du safoutier par les *Tapinanthus* au plateau de Logbessou (Douala, Cameroun)
Tapinanthus parasitisme van Safou op het Logbessou plateau (Douala, Kameroen)
El parasitismo del safoutier por los *Tapinanthus* en la meseta de Logbessou (Douala, Camerún)
R. Mony, M. Tchatat, F. Massako & S.D. Dibong 177
- Economic Efficiency of Artisanal Fishing Households under Oil Pollution Environment in the Niger Delta Region of Nigeria
Efficacité économique des ménages de pêcheurs artisanaux soumis à la pollution de l'environnement par les hydrocarbures dans la région du Delta du fleuve Niger au Nigeria
Economische efficiëntie van kleinschalige vissershuishoudens in een door olie vervuild milieu van de regio van de Niger Delta in Nigeria
La eficiencia económica de las familias de pequeños pescadores sujetas a la contaminación ambiental por el petróleo en la región del Delta del Niger en Nigeria
T.M. Gbigbi & A.A. Enete 183
- Effet du mode de conservation de l'huile de *Jatropha curcas* L. sur son efficacité dans la lutte contre les principaux insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. au Niger
Invloed van de bewaarmethode van *Jatropha curcas* L. olie op haar efficiëntie in de bestrijding van de belangrijkste schadelijke insecten van niebe *Vigna unguiculata* (L. Walp) in Niger
Efecto del método de conservación del aceite de *Jatropha curcas* L. sobre su eficacia en la lucha contra las plagas de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. en Niger
Z. Abdoul Habou, T. Adam, G. Mergeai, E. Haubruge & F.J. Verheggen 191
- Identification and Stochastic Analysis of Factors Influencing Technical Inefficiency of Nigerian Smallholder Soybean Farmers
Identification et analyse stochastique de l'inefficacité technologique des petits producteurs du soja au Nigeria
Identificatie en stochastische analyse van beïnvloedingsfactoren van de technologische inefficiëntie van kleine producenten van sojabonen in Nigeria
Identificación y análisis estocástico de la ineficiencia tecnológica de los pequeños productores de la soja en Nigeria
M.A. Otitoju, G.M. Adebo & C.J. Arene 197

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

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC)

B.P. Bulakali¹, J. Aloni¹, J.C. Palata¹ & G. Mergeai²

Keywords: Direct seeding mulch-based cropping system- Intercropping- *Stylosanthes guianensis*- Cassava- Batéké Plateau- Democratic Republic of Congo

Résumé

Dans le but de mettre au point un système de culture en semis direct dans un couvert végétal permanent de Stylosanthes guianensis (Aublet) Swartz adapté aux conditions du plateau des Batéké, le comportement des variétés améliorées de manioc ZIZILA, TME 419 et BUTAMU a été évalué en culture pure et en association avec le Stylo. L'essai a été réalisé d'octobre 2009 à août 2011 dans deux sites représentatifs de la diversité des sols du plateau. Les résultats obtenus mettent en évidence l'existence d'une forte compétition entre les spéculations associées au cours de la 1^{re} année de culture. Les pertes de rendement enregistrées par rapport aux situations de culture pure variaient en moyenne entre 22,6 à 35% pour le Stylo dans les deux sites de l'essai lors de son premier recépage à 8 mois et s'élevaient à environ 50% pour le manioc récolté à 12 mois. Un report de la récolte du manioc à 16 mois, avec un rabattage du couvert de Stylo pour constituer un paillis à la fin de la grande saison sèche (8 mois après le semis), a permis un rattrapage des rendements du manioc par rapport à la situation de culture pure. Les rendements moyens en racines fraîches de manioc étaient nettement inférieurs dans le site de Neema (9,7 t.ha⁻¹ à 12 mois en culture pure) par rapport à ceux enregistrés dans le site de The Way (12,8 t.ha⁻¹ à 12 mois en culture pure). Dans chaque site, aucune différence significative n'a pu être mise en

évidence au niveau du rendement en culture pure des clones de manioc comparés. En cas de récolte du manioc à 12 mois, la production de biomasse sèche de Stylo à 20 mois était équivalente, quel que soit le mode d'installation de celui-ci (culture pure ou culture associée avec le manioc). L'essai n'a pas permis de départager clairement les variétés de manioc testées au niveau de leur aptitude à la culture associée avec le Stylo. L'association du Stylo avec le manioc permet d'installer à moindre coût un couvert végétal permanent dans lequel il est possible de réaliser le semis direct d'autres cultures.

Summary

Performance of Three Varieties of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Grown in Association with *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz in the Conditions of the Batéké Plateau (City-Province of Kinshasa, DRC)

In order to develop a system of direct seeding in a permanent vegetative cover of Stylosanthes guianensis (Aublet) Swartz adapted to the growing conditions of the Batéké plateau, the behavior of improved cassava varieties ZIZILA, TME 419 and BUTAMU was evaluated in sole cropping and in intercropping with Stylo. The trial was conducted from October 2009 to August 2011 in two sites representative of the soil diversity on the plateau. The results demonstrate the existence of a strong

1 Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Kinshasa, RDC.

2 Université de Liège, Gembloux Agro-BioTech, Laboratoire d'Agro-écologie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

* Auteur correspondant :E-mail : bulapaci@yahoo.fr

competition between the associated crops during the 1st year of cultivation. Yield losses recorded compared to situations of sole cropping ranged on average between 22,6-35% for the biomass of Stylo cut at 8 months in the two trial sites, and amounted to about 50% for cassava harvested at 12 months. Delaying the harvest of cassava to 16 months, with a cutting of the Stylo canopy to form a mulch at the end of the long dry season (8 months after planting), has permitted cassava to reach yields equivalent to the situation of sole cropping. The average yields of fresh cassava roots were significantly lower in the site of Neema (9.7 t.ha⁻¹ at 12 months in sole cropping) compared to those recorded in the site of The Way (12.8 t.ha⁻¹ at 12

months in sole cropping). In each site, no significant difference could be detected for the yields of the compared cassava clones cultivated in pure stand. When harvesting cassava at 12 months, the production of Stylo dry biomass was equivalent at 20 months regardless of the installation mode (sole cropping or intercropping with cassava). The trial did not permit to clearly separate the cassava varieties for their intercropping ability with Stylo. The intercropping of Stylo with cassava is a cost effective method to install a permanent cover in which it is possible to make direct seeding of other crops.

Introduction

Le plateau des Batéké est une vaste bande de sols sableux très pauvres qui s'étend de la RDC jusqu'au sud-est du Gabon en passant par le Congo-Brazzaville. En RDC, ce plateau occupe une superficie d'environ 7.000 km² à l'avant plan du plateau du Kwango à une centaine de kilomètres au Sud-Est de Kinshasa. La principale contrainte à la mise en valeur de cette zone à des fins agricoles concerne la très faible fertilité des sols composés pour 90 à 95% de sables du Kalahari totalement lessivés et la très grande profondeur moyenne de la nappe phréatique qui rend l'accès à l'eau très difficile en saison sèche (3).

Dans cette région, l'essentiel de la fertilité du sol se concentre dans son horizon arable sous forme de matière organique. La mise en culture du sol par le labour se traduit par une minéralisation rapide de l'humus accumulé pendant la jachère. Les éléments nutritifs libérés permettent de cultiver pendant deux à trois ans. Après cette période, même l'emploi de grandes quantités d'engrais chimiques n'empêche pas les rendements de chuter drastiquement. La reconstitution du potentiel de fertilité du sol passe alors obligatoirement par la mise en jachère de la parcelle pour une très longue période (au minimum une dizaine d'années). Cette contrainte limite fortement le potentiel de production global du milieu et le rôle que pourrait jouer cette vaste étendue de terres très peu peuplée, au relief généralement plat et donc facilement cultivable, dans l'approvisionnement en denrées agricoles de la ville toute proche de Kinshasa.

La culture sans travail du sol, en semis direct dans un couvert végétal permanent, est une des solutions les plus pertinentes à la gestion durable de la fertilité des sols tropicaux (23, 24). Elle

consiste à mettre en place un couvert végétal dont le rôle est de produire une biomasse destinée à protéger le sol en permanence et d'empêcher la lixiviation des éléments nutritifs hors de portée des racines des plantes cultivées en les remontant continuellement vers l'horizon supérieur du sol. De manière à maintenir en permanence un tapis de végétation protectrice en surface, le semis des cultures commerciales s'effectue directement sans travailler le sol au moyen d'équipements spéciaux mis au point à cet effet. Plus de 30 millions d'ha sont actuellement cultivés de cette manière au Brésil (5, 9) dont une grande partie dans des conditions climatiques proches de celles qui prévalent au niveau du plateau des Batéké (entre 1200 et 1500 mm de pluies par an répartis sur huit à neuf mois).

Des travaux récents réalisés à Madagascar ont montré que *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., désigné dans le reste du texte par le terme *Stylo*, constituait une plante de couverture particulièrement bien adaptée à la mise en place de systèmes de culture en semis direct sur couvert végétal permanent. Ces travaux ont été réalisés en conditions tropicales de basse et moyenne altitudes sur des sols à la fois très pauvres et acides (10). Le *Stylo* est en outre bien adapté à l'agriculture manuelle à faible niveau de ressources car c'est une des seules plantes de couverture qui peut être contrôlée sans avoir recours à l'application d'herbicides. Afin de limiter le coût d'installation de la plante de couverture, il est conseillé d'implanter celle-ci en l'associant à une culture commerciale. Cette considération est particulièrement valable pour les agriculteurs à faible niveau de ressources qui ne peuvent se permettre de cultiver une parcelle sans récolter quelque chose directement utile sur celle-ci. En RDC, la culture du *Stylo*

remonte aux années 1960 (2, 22) mais elle avait été totalement décimée au début des années 1980 par l'antracnose, une maladie fongique causée par *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (1, 2, 15). De nouvelles variétés résistantes à la souche d'antracnose qui avait détruit le *Stylo* en Afrique ont depuis été sélectionnées en Amérique du Sud et en Australie (6, 7, 19).

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la principale culture pratiquée sur le plateau des Batéké. Les autres spéculations produites traditionnellement dans la région sont le maïs et le niébé. A Madagascar, sur sols pauvres et acides, Husson *et al.* (10) recommandent d'installer le *Stylo* en association avec le manioc. Une telle pratique permet de mettre en place le couvert végétal recherché à moindre coût sans limiter le rendement du manioc.

Compte tenu de l'importance majeure de la production de manioc sur le plateau des Batéké, une série d'essais a été menée en vue de déterminer quelles étaient les meilleures modalités pour l'installation d'un couvert végétal permanent de *S. guianensis* en association avec cette spéculations.

Les résultats obtenus dans le cadre d'un essai visant à identifier les variétés de manioc les mieux adaptées à une culture conjointe avec le *Stylo* dans deux sites représentatifs des conditions de culture du plateau des Batéké sont présentés et discutés ici.

Matériel et méthodes

Objectifs de l'essai

L'essai réalisé visait à quantifier les performances en culture pure et en cultures associées de trois clones de manioc installés en décalant d'un mois le semis du *Stylo* par rapport à la date de plantation du manioc. Ceci, dans le but de déterminer si l'installation de la plante de couverture pouvait se faire en culture associée sans affecter la production de manioc, comme mentionné par Husson *et al.* (10) à Madagascar, et d'identifier la variété de manioc qui était la mieux adaptée à la culture en association avec le *Stylo* sur base des rendements obtenus et de la quantité de travail nécessaire pour atteindre ceux-ci. La force de travail constituant le principal facteur limitant en agriculture manuelle, les modes de conduite des cultures visaient à minimiser le temps de travail nécessaire à leur réalisation.

Site expérimental

Les essais ont été menés dans deux sites: la ferme «Neema» située près du village Buantaba (4°32'45.5" latitude sud, 16°07'22.4" longitude est) à environ 160 Km au Sud-Est de Kinshasa (678 m d'altitude) et la ferme «The Way International» localisée près du village Dualé Mitterand (4°18'50.4" latitude sud, 16°04'32.0" longitude est) à environ 132 km au Sud-Est de Kinshasa (641 m d'altitude).

Le climat tropical humide de la région est du type AW₄ selon la classification de Köppen (4). Pendant la période de culture, d'octobre 2009 à août 2011, la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée au niveau de cette zone a été de 1341 mm, la température moyenne mensuelle de 24,9°C et l'humidité relative moyenne mensuelle de 85,1% (Station Météorologique du Centre d'Appui au Développement Intégral Mbankana - CADIM).

Les sols des deux sites sont filtrants et classifiés comme Rubique Ferrallitique Arénosol (Dystrique) selon le système de classification WRB (12). Celui du site de la ferme «The Way international» présente un potentiel de production plus élevé que celui de la ferme «Neema» du fait de sa plus haute teneur en argile et en humus (Tableau 1), imputable entre autre à de nombreuses termitières champignons à plusieurs chapeaux (plus de 500.ha⁻¹) de *Cubitermes speciosus* Sjöst disséminés dans ce site et riches en ces éléments qui favoriseraient une bonne économie en eau dans le sol. En plus, la parcelle d'essai de «The Way» a été installée en ouverture de rotation en septembre 2009 sur un brûlis des résidus de litière au sol des couverts végétaux dominants de *Syzygium guineense* (Wild) DC. subsp. macrocarpum (Engl.) F. White, de *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf. dans la strate supérieure et de nombreuses plantes à bulbes (*Crinum*, *Gloriosa simplex* L.,...) dans la strate inférieure, maintenus en jachère pendant au moins 10 ans. La végétation prédominante sur le site de la ferme Neema était composée essentiellement d'une savane herbeuse à *Loudetia* sp., indice du faible niveau de fertilité du sol. La parcelle expérimentale a été installée en septembre 2009 après une courte jachère de trois ans, soit le tiers de la durée habituelle. Contrairement aux habitudes culturelles locales, le couvert végétal n'a pas été brûlé avant le labour. Les valeurs des propriétés physico-chimiques des sols des deux sites expérimentaux consignées dans le tableau 1 sont comparables à celles trouvées par Koy *et al.* (13) pour les horizons de surface (0-20 cm) des sols du Plateau des Batéké. Aucune fertilisation n'a été apportée.

Tableau 1
Propriétés physico-chimiques des sols de deux sites expérimentaux.

Sites	Niveaux de Profondeur (cm)	%			pH		g/kg		%		mg/100g		mg/100g				mg/100g	
		Argile	Limon	Sable	pH (eau)	pH (KCl1N)	C.org.	N.total	Humus	C/N	lb	mg/100g		mg/100g		CEC		
												P	Ps	Ca	Mg		K	Na
Neema	0 – 15	5,2	1,5	93,3	5,1	4,3	7	0,04	1,4	18,7	0,07	1	0,1	1	1	1	1,3	2,2
Neema	15 – 25	4,3	1,6	94,1	5,2	4,4	<5,3	<0,03	<1,1	18,3	0,1	1	0,1	1	1	1	1,3	1,4
Neema	> 25	4,7	1,6	93,7	5,2	4,5	<5,3	<0,03	<1,1	19	0,11	1	0,1	1	1	1	1,0	1,3
Moyenne		4,7	1,6	93,7	5,2	4,4	<5,9	<0,03	<1,2	18,7	0,09	1	0,1	1	1	1	1,2	1,6
The Way	0 – 15	10,5	1,5	88,0	5,1	4,3	10,7	0,06	2,2	18	0,04	1	0,1	1	1	2,3	1,7	4
The Way	15 – 25	10,3	1,7	88,0	5,1	4,7	7,7	0,04	1,5	18,7	0,06	1	0,1	1	1	1	1,3	3,1
The Way	> 25	11,2	2,1	86,7	5,2	4,4	<6,1	0,03	<1,3	18	0,09	1	0,1	3	1	1,3	1	3
Moyenne		10,7	1,8	87,5	5,1	4,5	<8,2	0,04	<1,7	18,2	0,06	1	0,1	1,7	1	1,5	1,3	3,4

Source : Laboratoire de la Hulpe, Gembloux, Belgique.

Légende :

C.org= Carbone organique

Ca= Calcium

N.total= azote total

Mg= Magnésium

lb= Indice de battance

K= Potassium

P= Phosphore

Na= Sodium

Ps= Phosphore soluble à l'eau

C.E.C= Capacité d'échange cationique

Matériel végétal

Une variété de Stylo et trois clones de manioc ont été utilisés dans l'essai

Pour le *Stylo*, la variété 202cc a été semée. Il s'agit d'une variété à fort potentiel de production sélectionnée en Australie par la société Southedge Seeds. Elle présente un port érigé, un cycle de végétation court et une résistance bi-géniques à la souche d'antracnose qui avait décimé le *Stylo* dans toute l'Afrique dans les années 1980.

Les clones de manioc suivants ont servi comme matériel expérimental: TME 419 diffusé au Plateau des Batéké par l'IITA (Institut International d'Agriculture Tropicale), BUTAMU à port ramifié et ZIZILA, tous deux diffusés par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). Ils provenaient de champs de multiplication de boutures de manioc de villages encadrés par le CADIM. Ces clones de manioc ont été fournis sous forme des tiges d'environ un mètre de long, qui ont ensuite été sectionnées en boutures de 15 à 20 cm, ayant chacune 2 à 3 nœuds germinatifs. Le choix des trois clones de manioc comparés s'est basé sur les éléments suivants : (i) leur certification par les organismes internationaux tels que l'IITA/RDC et la FAO/RDC, (ii) leur adaptation aux conditions édapho-

climatiques du Plateau des Batéké, (iii) leur bonne acceptation par les producteurs locaux. Ces derniers les apprécient à cause de leur type variétal (manioc doux), leur résistance aux maladies dont la mosaïque de manioc, la teneur en matière sèche élevée de leurs racines tubérisées (variant de 30 à 40%), leur haut rendement (10-20 t.ha⁻¹) en racines tubéreuses et enfin la qualité du «fufu» (farine de manioc), des «chikwangu» produits à partir de leurs racines et la saveur agréable de leurs feuilles (11, 21).

Semis de graines de Stylo et plantation des boutures de manioc

Le semis du *Stylo* et la plantation du manioc ont été réalisés après labour et hersage des parcelles expérimentales. Le semis du *Stylo* a eu lieu les 21-22 décembre 2009 à The Way et les 28-29 décembre 2009 à Neema. Les graines de *stylo* ont été semées à raison d'une dizaine par poquet à une profondeur de moins d'un cm. Les graines étaient enrobées d'un mélange de produits phytosanitaires (fongicide et insecticide) et d'une poudre minérale contenant du phosphore.

La plantation des boutures de manioc a eu lieu un mois avant le semis du *Stylo*. Elle s'est faite par enfouissement complet de celles-ci sous terre en position horizontale, selon le dispositif spatial

retenu. Les boutures de manioc ont été plantées un mois avant le semis du *Stylo* à la profondeur d'environ 5 cm.

Entretiens cultureux et traitement du *Stylo*

Les entretiens cultureux se sont limités à la réalisation de quatre sarclages dans chaque site. Ceux-ci ont été effectués du 25 au 30 janvier 2010, du 12 au 17 mai 2010, du 23 au 28 décembre 2010, et du 4 au 9 avril 2011. Le *Stylo* a été recepé chaque année en fin de grande saison sèche (8 mois et 20 mois après le semis) afin de collecter les graines pour la diffusion du *Stylo* sur le Plateau des Batéké et aussi pour constituer un paillis protecteur du sol et pourvoyeur d'une quantité de matière organique et d'éléments minéraux qui retournent au sol par l'intermédiaire des litières. Le paillis de *Stylo* de 8 mois après semis était rabattu sur le manioc tandis que celui de 20 mois après semis a été épandu au sol après recepage, la dernière récolte de manioc à «Neema» étant déjà effectuée après 16 mois de plantation. A part ce recepage, aucune mesure n'a été prise pour limiter le développement de la plante.

Dispositif expérimental

L'essai a été installé dans chaque site selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Il comprenait sept objets: le clone de manioc ZIZILA, le clone de manioc TME 419, le clone de manioc BUTAMU et la variété de *Stylo* 202cc cultivés en pur et les associations de chaque clone de manioc avec la variété de *Stylo* 202cc (ZIZILA + 202 cc, TME 419 + 202cc et BUTAMU + 202cc).

Au sein de chaque bloc dans les deux essais, la surface de l'unité expérimentale était de 100 m² (10 m x 10 m).

En culture pure, la densité de plantation du *Stylo* était de 62.500 plants ha⁻¹ (0,4 m x 0,4 m).

En culture associée avec le manioc, les plantes de *Stylo* ont été installées à une densité de 51.000 plants ha⁻¹. L'espace de 1 m entre deux lignes de manioc était occupé par deux lignes de *Stylo*, distantes entre elles de 40 cm et de 30 cm par rapport à la ligne de plantes de manioc la plus proche. L'écartement entre les poquets de *Stylo* dans les lignes était de 40 cm

Pour les boutures de manioc, la densité de plantation était de 10.000 plants ha⁻¹ (1 m x 1 m) en culture pure comme en culture associée. Les clones de manioc ont été plantés du 25 au 26 octobre 2009 à Neema et du 6 au 7 novembre 2009

à The Way.

Les taux de levée des poquets de *Stylo* ainsi que ceux de manioc ont été déterminés deux semaines après le semis ou la plantation. Aucun regarnissage n'a été effectué.

Evaluation de la production de la biomasse aérienne fraîche

Dans chaque unité expérimentale, la biomasse aérienne totale fraîche a été collectée en coupant au ras du sol la tige principale des plantes de *Stylosanthes*, puis en enroulant le couvert végétal comme un tapis conformément aux recommandations de Husson *et al.* (10) avant de la peser au moyen d'un peson d'une capacité de 100 kg. Après pesée, la biomasse aérienne totale fraîche fauchée a été épandue de manière homogène sur le sol de la parcelle d'origine pour assurer le couvert végétal permanent de celui-ci.

Mesure de la matière sèche de la biomasse aérienne totale

La mesure de la quantité de matière sèche produite par le couvert de *Stylo* a été réalisée lors de son 1^{er} recepage (8 mois après le semis) et lors du 2^e recepage de celui-ci (20 mois après le semis).

Pour la détermination de la biomasse aérienne totale sèche, un échantillon représentatif de 500 g de la biomasse aérienne fraîche a été récolté dans chaque unité expérimentale au moyen d'une paire de ciseaux. Cet échantillon a ensuite été séché à 65°C à l'étuve pendant 48 heures et pesé. Le pourcentage de matière sèche a été calculé selon la formule I:

$$\%MS = \frac{PS}{PF} \times 100 \quad I$$

où MS= matière sèche, PS= poids sec après séchage à 65°C à l'étuve pendant 48 heures et PF= poids frais avant séchage à l'étuve. La biomasse aérienne totale sèche a été déterminée pour chaque unité expérimentale en multipliant le pourcentage moyen de matière sèche par la quantité de biomasse aérienne totale fraîche récoltée, et le tout a été converti en t MS.ha⁻¹.

Evaluation du rendement des racines tubéreuses fraîches de manioc

La récolte des racines tubéreuses fraîches des clones de manioc s'est effectuée en une seule fois, du 5 au 9 novembre 2010, 12 mois après la plantation, au niveau du site de The Way; et en deux fois, du 11 au 13 novembre 2010 soit 12 mois après la plantation, et du 17 au 21 mars 2011, soit

16 mois après la plantation, au niveau du site de Neema. Dans ce dernier site, chaque unité expérimentale d'un are a été subdivisée en 2 sous-unités de 0,5 are (10 m x 5 m) au niveau desquelles les récoltes ont été réalisées respectivement à 12 et à 16 mois après la plantation du manioc. La décision de réaliser la récolte aux deux périodes retenues a été prise suite au constat des faibles rendements obtenus après 12 mois au niveau du site de The Way et pour tenir compte des pratiques locales de production du manioc. Pour les variétés de manioc comparées, la récolte s'étale entre 12 et 15 mois après la plantation.

Le rendement des racines tubéreuses fraîches des clones de manioc a été évalué à partir de la récolte de tous les pieds de la parcelle suivie de la pesée de chaque racine tubéreuse. La formule ci-dessous a permis de calculer le rendement réel moyen (Formule II):

$$h.j. ha^{-1} = \frac{\text{temps de l'opération en minutes} \times 10.000 m^2}{\text{unité de surface} \times 60 \text{ minutes} \times 8 \text{ heures}}$$

où h.j.ha-1 = homme.jour/ha.

II

Tableau 2
Temps de travaux des opérations nécessaires pour l'entretien des parcelles de l'essai clonal manioc.

Sites	Objets	Opérations avant récolte (h.j.ha ⁻¹)						Total
		Semis ou plantation	Sarclage 1	Sarclage 2	Sarclage 3	Sarclage 4	Recépage/roulage I	
The Way	ZIZILA	8	32,5	25,1	24,8	17,1	—	107,5
	TME 419	8	35,6	21,3	47	26,1	—	138
	BUTAMU	8	25,8	21,8	23,8	19,7	—	99,1
	Moyenne	8	31,3	22,7	31,9	21	—	114,9
	ZIZILA + 202cc	10,9	12,1	12	32,9	21,1	19,9	108,9
	TME 419 + 202cc	10,9	13	10,6	13,1	9,6	24,5	81,7
	BUTAMU + 202cc	10,9	12,6	10,4	12	8,2	33,3	87,4
	Moyenne	10,9	12,6	11	19,3	13	25,9	92,7
	ZIZILA	8,4	19,6	13,6	11,6	19,9	—	73,1
	TME 419	8,4	20,7	15,7	10,8	19,5	—	75,1
Neema	BUTAMU	8,4	20,8	12,7	24,8	19,5	—	86,2
	Moyenne	8,4	20,4	14	15,7	19,6	—	78,1
	ZIZILA + 202cc	12,6	11,1	7,9	10,3	6,8	12,7	61,4
	TME 419 + 202cc	12,6	12,4	9,2	18,5	17	14,7	84,4
	BUTAMU + 202cc	12,6	12,1	7,4	19,7	11,7	17,3	80,8
	Moyenne	12,6	11,9	8,2	16,2	11,8	14,9	75,6

Détermination des temps de travaux des opérations culturales

Les temps des opérations culturales en hommes.jour par hectare (h.j.ha⁻¹) ont été déterminés selon la formule III:

$$\text{Rend. r. moy. (t/ha)} = \frac{\text{P. fr. moy. rac. tub. l'objet (trait.) (kg)} \times 10.000 m^2}{\text{Superficie moyenne l'objet (m}^2\text{)}}$$

Rend. r. Moy.: Rendement réel moyen

P. fr. moy. rac. tub.: Poids frais moyen de racines tubéreuses

III

Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés soumis à la comparaison ont été les taux de levée des poquets de semences de *Stylo* et des boutures de manioc plantées, la biomasse aérienne totale sèche pour les variétés de *Stylo* et les rendements en racines tubéreuses fraîches pour les clones de manioc.

Analyse statistique des résultats

Les données obtenues ont été soumises à l'analyse de la variance (Anova) à l'aide du logiciel R 2.12.0. Le test LSD au seuil de probabilité de 5% ($P < 0,05$) a été utilisé pour classer les moyennes.

Le modèle croisé mixte à deux critères de classification a été utilisé pour l'analyse.

Résultats et discussion

Taux de levée des poquets de semences de *Stylo* et des boutures de manioc plantées

Les conditions de germination des semences de *Stylo* et de reprise des boutures de manioc ont été plus favorables à The Way qu'à Neema. Deux semaines après le semis du *Stylo* et la plantation du manioc, les taux de levées de *Stylo* ont été en moyenne de 85,7 et 99% respectivement à Neema et à The Way. Pour le manioc, les taux de reprise ont été en moyenne de 77,6% à Neema et de 83,9% à The Way. Le taux de reprise de manioc médiocre dans les deux sites serait imputable à l'enfouissement horizontal des boutures de manioc à environ 5 cm de profondeur, une méthode de plantation de manioc appliquée au Plateau des Batéké. Sans doute beaucoup de boutures ont été asséchées par la chaleur du soleil suite à l'enfouissement trop superficiel.

Production de racines tubérisées de manioc

Rendement en racines tubéreuses fraîches de manioc après 12 mois de plantation des boutures

Quand la récolte des tubercule frais s'effectue à 12 mois, les rendements moyens des trois clones observés en culture pure au niveau du site de The Way sont nettement plus élevés que ceux obtenus à Neema (12,8 t.ha⁻¹ contre 9,7 t.ha⁻¹) alors qu'il n'y a pratiquement pas de différences entre les deux sites pour les rendements en cultures associées (5,3 t.ha⁻¹ en moyen à The Way contre 5,0 t.ha⁻¹ en moyenne à Neema) (Figure 1).

L'association culturale s'est donc traduite dans les deux sites par une réduction d'environ 50% du rendement en racines tubérisées de manioc récoltées à 12 mois. Ceci serait probablement dû à l'enracinement et à la tubérisation superficielle du manioc suite à la méthode de bouturage par enfouissement à plat pratiquée au Plateau des Batéké. Etant donné que les deux cultures associées s'approvisionnent au même niveau de la strate de la rhizosphère du sol, la concurrence des racines tubéreuses de manioc avec le système racinaire du *Stylo* a été plus directe et plus rude.

La concurrence des plantes de couverture vis-à-vis des cultures principales pour l'eau, les éléments nutritifs et l'ensoleillement a été rapportée par de nombreux auteurs (16, 20) comme une des contraintes majeures au développement de systèmes de culture en semis direct dans un couvert permanent (SCV) performants.

Pour atténuer cette compétition cruciale du *Stylo* sur le manioc, la méthode de plantation classique des boutures enfoncées obliquement jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de leur longueur (environ 15 cm de profondeur) devrait être privilégiée au Plateau des Batéké afin d'éviter la dessiccation, l'enracinement et la tubérisation de ces dernières dans la même strate de la rhizosphère avec les racines des plants de *Stylo*.

Quel que soit le site, on ne constate pas de différence significative ($P < 0,001$) au niveau du rendement en racines tubéreuses fraîches après 12 mois entre les trois clones de manioc cultivés seuls. Il en va de même à Neema pour la récolte du manioc à 12 mois en culture associée. Dans le site de The Way, par contre la variété ZIZILA était significativement moins productive que les deux autres en conditions de cultures associées.

Rendement en racines tubéreuses fraîches 16 mois après la plantation des boutures de manioc

Dans le site de Neema, après 16 mois de culture, les différents objets en culture pure ou en culture mixte avec le *Stylo* recépé après 8 mois de croissance n'ont pas présenté entre eux de différences significatives ($P < 0,05$) au niveau de leur rendement en racines tubéreuses fraîches.

On constate que le rendement du manioc augmente sensiblement avec la durée de culture. Entre les récoltes de manioc du douzième et seizième mois, la variation du rendement moyen en racines tubéreuses fraîches a été de 7,3 à 12,7 t.ha⁻¹ soit une augmentation de 5,4 t.ha⁻¹ (+ 74%).

Pour les cultures associées «manioc-stylo», un recépage du *Stylo* à 8 mois favorise donc fortement le rendement du manioc récolté à 16 mois. Cet effet bénéfique peut s'expliquer par la limitation de la concurrence exercée par le *Stylo* sur le manioc et par la mise à disposition d'éléments nutritifs libérés suite à la minéralisation du système racinaire et de la litière produite par le *Stylo* (17). Cet effet positif serait favorisé par l'action protectrice du paillis dont la présence permet de maintenir plus longtemps et régulièrement des conditions d'humidité et de température favorables à la minéralisation de la matière organique du sol (8, 14, 18).

Bien qu'il ne se distingue pas significativement des deux autres, le clone TME 419 est celui qui produit systématiquement le plus de racines tubérisées, quel que soit le site et la modalité de culture envisagée.

Production de biomasse aérienne de *Stylo*

Rendement en biomasse aérienne totale sèche de *Stylo* après 8 mois de semis

Aucune différence importante n'a été observée entre les sites d'essai au niveau du rendement en biomasse aérienne du *Stylo* (Figure 2). Comme dans le cas du manioc, la production de biomasse après huit mois de culture pure a été nettement plus élevée à The Way (4,3 t MS.ha⁻¹) qu'à Neema (3,1 t MS.ha⁻¹).

La moyenne des rendements observés pour la culture associée était faible dans les deux sites (2,8 t MS.ha⁻¹ à The Way et 2,4 t MS.ha⁻¹ à Neema et aucune différence significative n'a été mise en évidence au niveau de chaque site pour la production de biomasse de *Stylo* entre les différents objets combinant la culture du *Stylo* avec les trois variétés de manioc comparées.

Rendement en biomasse aérienne totale sèche du *Stylo* après 20 mois de croissance

Après son 1^{er} recépage à 8 mois dans les parcelles de culture associée avec le manioc, le couvert du *Stylo* s'est rapidement reconstitué grâce à la germination massive des graines tombées au niveau du sol. Après 20 mois de croissance continue sans recépage du *Stylo*, le niveau moyen

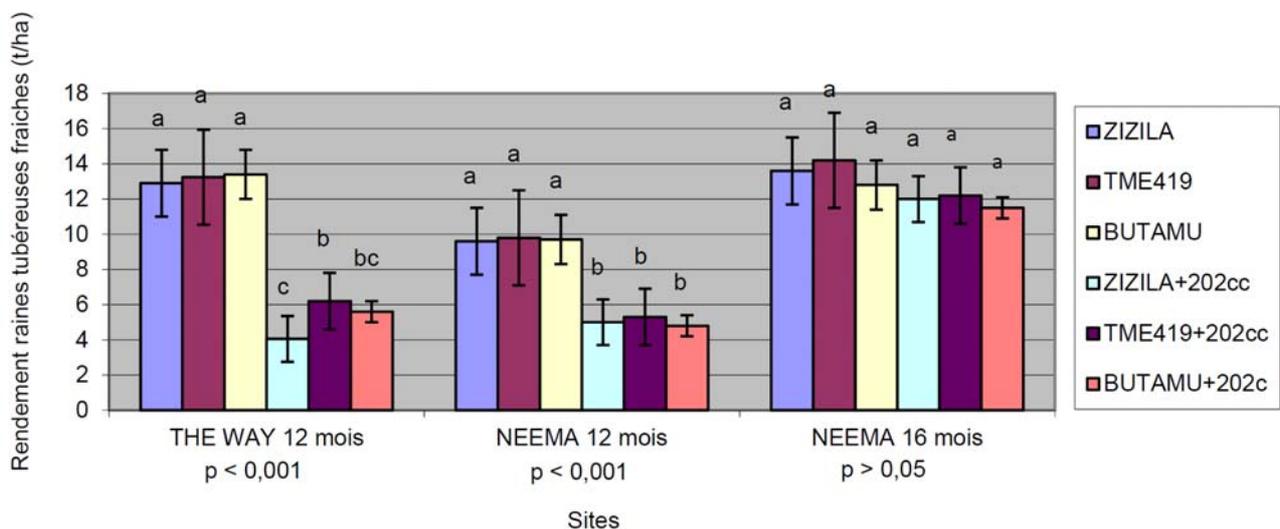


Figure 1: Rendement de racines tubéreuses fraîches de trois clones de manioc (t/ha) comparés en culture pure et en association avec la variété de *Stylosanthes* 202cc recépée à 8 mois après semis.

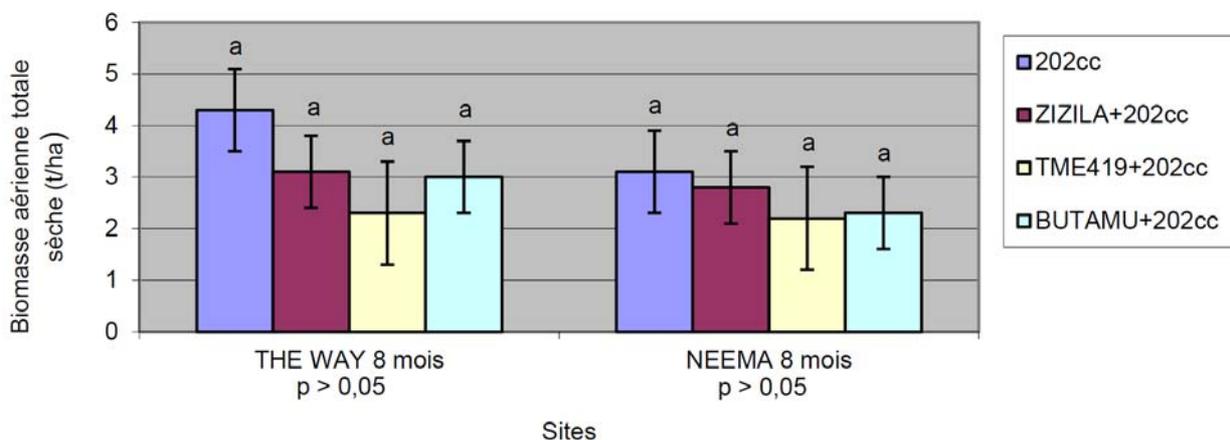


Figure 2: Rendement de la biomasse aérienne totale sèche (t/ha) de la variété de stylo 202cc après 8 mois en culture pure et en association avec trois clones de manioc comparés.

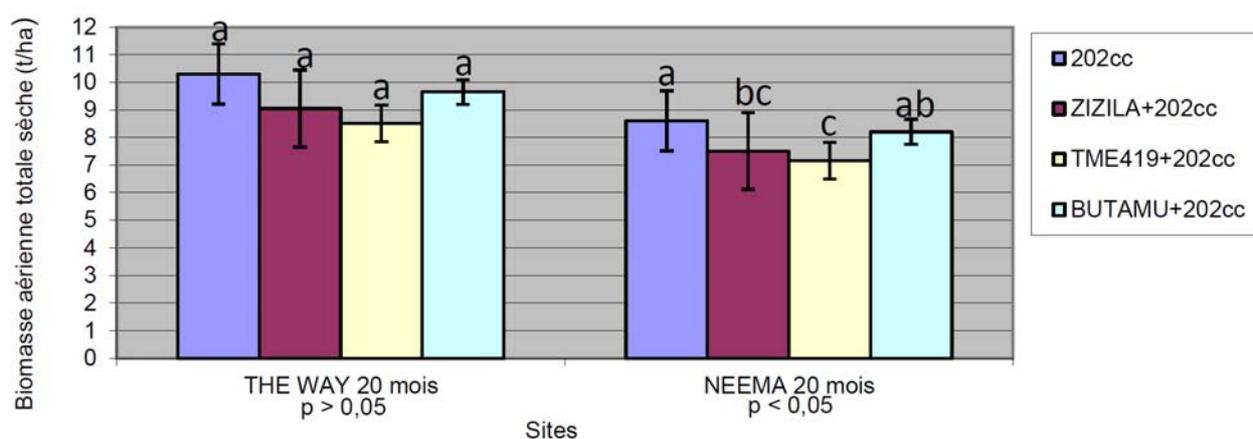


Figure 3: Rendement de la biomasse aérienne totale sèche (t/ha) de la variété de stylo 202cc après 20 mois en culture pure et en association avec trois clones de manioc comparés.

de production de biomasse sèche de ce dernier en culture pure était toujours plus élevé à The Way (10,3 t MS.ha⁻¹) qu'à Neema (8,6 t MS.ha⁻¹) (Figure 3). La différence relative existant pour ce paramètre entre les deux sites était cependant moins importante par rapport à la situation observée à 8 mois.

Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été mise en évidence à The Way pour la production de biomasse entre les différents objets comparés, tant en culture pure qu'en culture mixte avec les clones de manioc (Figure 3). Celle-ci oscillait entre 10,3 et 8,5 t MS.ha⁻¹.

À Neema, par contre, une différence très significative ($P < 0,01$) a été observée entre la culture pure de *Stylo* et ses combinaisons avec les clones de manioc. La production de MS en culture pure était significativement supérieure à celle observée en culture associée, sauf pour la combinaison BUTAMU + *Stylo*. Les rendements moyens obtenus oscillaient entre 7,2 à 8,6 t.ha⁻¹.

Ces résultats suggèrent qu'après la récolte du manioc, le *Stylo* qui était associé à ce dernier peut rattraper assez rapidement le niveau de la production de biomasse aérienne sèche par ha du *Stylo* cultivé en pur. Ce rattrapage est d'autant plus rapide que les conditions de fertilité du sol sont favorables. Dans les deux sites, les rendements atteints pour la production de biomasse de *Stylo* à 20 mois étaient proches ou au moins équivalents à la quantité de couvert de 8 t MS.ha⁻¹ recommandée par Husson *et al.* (10) pour travailler en SCV.

Explication possible des différences de productivité enregistrées entre les sites de Neema et de The Way

Il ressort des résultats obtenus que les rendements en biomasse aérienne totale sèche de *Stylo* et de racines tubéreuses fraîches de manioc soient, de manière générale, supérieurs à The Way par rapport à ceux observés à Neema. La plus grande fertilité du milieu observée à The Way, tout particulièrement en première année de culture, peut s'expliquer par la longueur de la jachère qui a précédé l'installation des cultures, par le brûlis de la végétation et par les meilleures propriétés chimico-physiques du sol, notamment sa plus grande teneur en argile qui, du fait de la longueur de la jachère, se traduit par une teneur en humus nettement plus élevée (tableau 1) et probablement une économie en eau élevée. L'enfouissement du couvert végétal juste avant la plantation à Neema a pu provoquer un phénomène de faim d'azote et d'autres éléments nutritifs fondamentaux pour le développement de la culture commerciale, ce qui a entraîné une limitation de la production du manioc. Le *Stylo* étant capable de fixer l'azote de l'air, ce dernier a sans doute moins souffert du manque d'azote disponible dans le sol de Neema, ce qui peut expliquer ses relativement bonnes performances dans ce site en culture associée.

Temps de travaux nécessaires à la mise en place et à l'entretien des cultures

Les temps de travaux nécessaires à la mise en place et à l'entretien des cultures avant la récolte sont légèrement plus élevés dans le cas de la culture pure du manioc par rapport au SCV (Tableau 2).

Pour ce dernier système, le temps consacré au sarclage est plus faible qu'en culture pure, mais cela est compensé par le temps nécessaire pour le semis du *Stylo* et son rabattage à 8 mois. L'application d'une densité de semis plus forte pour le *Stylo* aurait sans doute permis de limiter le nombre de sarclages dans l'association culturale. La prise en compte des temps de travaux est un élément important pour évaluer les perspectives d'adoption d'une nouvelle technologie, surtout en agriculture manuelle où la disponibilité en force de travail est souvent un facteur limitant à l'adoption de nouvelles techniques de production. La très faible diffusion d'autres systèmes visant à améliorer la fertilité des sols, notamment la culture en couloirs de *Leuceana leucocephala*, est attribuable en grande partie à l'augmentation importante de la charge de travail que ces nouveaux modes de production induisent.

Conclusion

L'essai réalisé avait pour but d'évaluer le comportement de trois variétés de manioc améliorées diffusées sur le plateau des Batéké pour identifier celle qui serait la mieux adaptée à la culture conjointe avec *S. guianensis*. Ce faisant, il visait également à mettre au point un système de culture en semis direct dans un couvert permanent de *Stylo* adapté aux sols très pauvres du plateau des Batéké.

En l'absence de contrôle du *Stylo* dans les semaines qui suivent son installation, un effet antagoniste important a été observé sur le rendement du manioc dans les parcelles de cultures associées. Dans ce cas, la perte de rendement enregistrée après 12 mois pour le manioc s'élève à environ 50% du rendement obtenu en culture pure. Cependant, la prolongation de la durée de la culture du manioc jusqu'à 16 mois, alors que le couvert de *Stylo* a été recépé dans le neuvième mois du cycle du manioc, permet à ce dernier de rattraper le rendement qu'il atteint en culture pure.

La concurrence exercée par la culture du manioc vis-à-vis du *Stylo* au cours des huit premiers mois qui ont suivi son installation a varié en fonction des sites de culture et surtout de l'enracinement et de la tubérisation superficielle du manioc à la même profondeur que celle de racines du *Stylo*. Elle était très forte à The Way où le sol était le plus fertile et paradoxalement plus faible dans le site de Neema,

caractérisé par un sol nettement plus pauvre. Après la récolte du manioc, le couvert de *Stylo* s'est fortement développé dans les deux sites pour atteindre un niveau de production proche ou au moins égal aux 8 tonnes de MS.ha⁻¹ nécessaires au bon fonctionnement d'un SCV.

Les temps de travaux nécessaires à l'installation et à l'entretien du système de culture associée sont légèrement supérieurs à ceux de la culture pure du manioc, et pourraient sans doute être limités par une augmentation de la densité de semis du *Stylo* pour assurer un étouffement plus rapide des adventices.

Pour peu que la réalisation de la récolte du manioc ait lieu suffisamment longtemps après le 1^{er} recépé du *Stylo*, le système proposé permet d'installer dans les conditions du plateau des Batéké un tapis de *Stylo* à moindre coût, sans affecter fortement le rendement du manioc qui lui est associé.

Afin de limiter la concurrence exercée par la culture du *Stylo* sur le manioc, il serait intéressant de tester dans les conditions du Plateau des Batéké, la méthode de plantation classique des boutures de manioc enfoncées obliquement jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de leur longueur où les systèmes racinaires de deux cultures associées évoluent à des niveaux différents de profondeur dans la strate de la rhizosphère commune du sol.

Remerciements

Les auteurs remercient la Commission Universitaire pour le Développement (CUD) (via son programme de coopération institutionnel avec l'université de Kinshasa) et l'agence de coopération Wallonie-Bruxelles International (WBI) (via le projet d'appui au Centre Agro Vétérinaire Tropical de Kinshasa, en sigle CAVTK) pour le complément du soutien financier apporté à la réalisation des recherches dont les résultats sont présentés dans cet article.

Références bibliographiques

1. Amodu J.T., 2004, *Stylosanthes: A promising legume for Africa*. PP 225-234, in: Chakraborty S. (ed.), High-yielding anthracnose resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. ACIAR Monograph N° 111, 268 p.
2. Breyne H., 1983, *Stylosanthes guianensis* ou "Stylo", Herbarium I.N.E.R.A., Kinshasa, RDC. Inédit, 2p.
3. Bruand A., Hartmann C. & Lesturgez G., 2005, *Physical properties of tropical sandy soil: a large range behaviors*, in: Proceedings of Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture, 27th Nov-2nd Dec 2005, PP. 148-158. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Khon Kaen, Thailand.
4. Bultot F., 1950, *Carte des régions climatiques du Congo Belge établie d'après les critères de Köppen* (Comm. n°2, Bureau climatologique). Publ. I.N.E.A.C. Coll., in 4°, 15 P.
5. Calegari A., 2008, *Conservation agriculture: No-tillage including cover crops and crop rotation in Brazil*, in: An international technical workshop investing in sustainable crop intensification: The case for improving soil health, FAO, Rome: 22-24 July 2008. P. 20. Integrated Crop Management, 6, 134 p.
6. Cameron D.F. & Irwin J.A.G., 1983, *Inheritance of resistance to anthracnose disease in Stylosanthes guianensis*. Proceedings of 8th Australian Plant Breeding Conference, pp. 243-245.
7. Cameron D.F., Trevorrow R.M. & Liu C.J., 1997, Recent advances in studies of anthracnose of *Stylosanthes*, II. Approaches to breeding for anthracnose resistance in *Stylosanthes* in Australia. *Trop. Grasslands*, 31, 424-429.
8. Erenstein O., 2003, Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agri. Ecosyst. Environ.*, 100, 17-37.
9. FAO, 2008; www.fao.org/ag/ca/fr, Agriculture de Conservation, 80 P.
10. Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana & Séguy L., 2008, *Stylosanthes guianensis*, in: Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 2.1, CIRAD, TAFA, GSDM, afd, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 11p.
11. Inera-Mvuazi, 2006, *Catalogue des Matériels Génétiques du Centre de Recherche de l'INERA-Mvuazi*. 84 p.
12. IUSS Working Group WRB, 2006. *World reference base for soil resources 2006*. 2ndedn. World Soil Resources Report N°. 103. FAO, Rome.
13. Koy Kasongo R., Van Ranst E., Kanyankogote P., Verdoordt A. & Baert G., 2012, Réponse du soja (*Glycine max*) à l'application de phosphate de Kanzi et de dolomie rose de Kimpese sur sol sableux en RDC. *Can. J. Soil Sc.*, 92, 905-916.
14. Lahmar R., Arrue J.L., Denardin J.E., Gupta R.K., Ribeiro M.F.S. & de Tourdonnet S., 2006, *Knowledge assessment and sharing on sustainable agriculture. Main lessons*. Montpellier: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), 2006. http://kassa.cirad.fr/results/kassa_main_results
15. Lenné J.M., Thomas D., de Andrade R.P. & Vargas A., 1984, Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) of *Stylosanthes capitata*: implications for future disease evaluation of indigenous tropical pasture legumes. *Phytopathol.*, 74, 1070-1073.
16. M'biandoun M., Olina J.P., Nchoutnji I. & Kaptchouang E., 2005 et 2006, *Effet des SCV et recherche d'un précédent à la culture cotonnière sous couverture végétale (1^e et 2^e année)*. Convention IRAD-ESA Garoua, 9 et 13 p.
17. Maltas A., Corbeels M., Scopel E., Wery J. & Macena da Silva F.A., 2009, Cover crop and Nitrogen effects on maize productivity in no tillage systems of the Brazilian Cerrados. *Agron. J.*, 101,5, 1036-1046.
18. Metay A., Moreira J.A.A., Bernoux M., Boyer T., Douzet J.M., Feigl B.E., Feller C., Maraux F., Oliver R. & Scopel E., 2007, Storage and forms of organic carbon in a no-tillage under cover crops system on clayey Oxisol in dry land rice production (Cerrados, Brazil). *Soil Tillage Res.*, 94, 122-132.
19. Miles J.W & Grof B., 1997, Recent advances in studies of anthracnose of *Stylosanthes*. III. *Stylosanthes* breeding approaches in South America. *Trop. Grasslands*, 31, 430-434.
20. Naudin K. & Balarabe O., 2004, *Système de culture sur couverture végétale: résultats de la campagne 2003 : expérimentation des SCV chez les paysans du Nord et de l'extrême Nord du Cameroun*. Cirad, Sodecoton/ESA, 112P.
21. Ndonga A., 2006, *Amélioration et maintien de la fertilité du sol dans les systèmes de productions du manioc en RDC. Rapport technique final, activité 2005-2006*, IITA/RDC, 24P. Inédit.
22. Risopoulos S.A., 1966, *Management and use of grasslands. Democratic Republic of the Congo. FAO Pasture and Fodder crop studies*. I. FAO, Rome, Italy, 150 pp.
23. Séguy L. & Bouzinac S., 2001, *Cropping systems and organic matter dynamics*, in: World Congress on conservation agriculture, 1-5 October 2001, Madrid, 5 p.
24. Séguy L., Bouzinac S. & Maronezzi A.C., 2001, *Un dossier du semis direct: Systèmes de culture et dynamique de la matière organique*. Doc. Interne CIRAD-CA/GEC 34398 Montpellier Cedex 5-France, 203 p.

B.P. Bulakali, Congolais, Doctorant, Chef de Travaux, Université de Kinshasa, Département de Biologie, RDC.

J. Aloni, Congolais, Docteur, Professeur, Université de Kinshasa, Département des Sciences de la Terre, RDC.

J.C. Palata, Congolais, Docteur, Professeur, Université de Kinshasa, Département de Biologie, RDC.

G. Mergeai, Belge, Docteur, Professeur, Université de Liège, GxABT, Laboratoire d'Agro-écologie Tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

Réponse de deux variétés de tournesol (*Helianthus* sp.) à la fertilisation à base de fiente de poule sur un Hapli-Humic Ferralsol du Yongka Western Highlands Research Garden Park (YWHRGP) Nkwen-Bamenda, Cameroun, Afrique centrale

B.P.K. Yerima¹, A.Y. Tiamgne² & E. Van Ranst³

Keywords: African Giant- Poultry manure- Italian White- Hapli-Humic Ferralsol- Yongka Western Highlands Research Garden-Park- Cameroon

Résumé

Un essai a été mené au Yongka Western Highlands Research Garden Park (YWHRGP) Nkwen-Bamenda sur un Hapli-Humic Ferralsol (Oxisol) pour évaluer la réponse de deux variétés de tournesol (*Helianthus* sp.) à cinq doses de fiente de poule (0 ; 1,2 ; 2,8 ; 4,2 et 5,6 T/ha). Les variétés Italian White et African Giant ont servi de matériel végétal. L'essai a été réalisé en blocs aléatoires complètement randomisés avec trois et six répétitions pour African Giant et Italian White, respectivement. La fiente a été analysée et les paramètres de croissance, de développement et de rendement ont été collectés. Le sol acide ($pH \leq 5,5$) présentait des déficiences nutritives. La fiente de poule ($pH=7,8$) est riche en éléments nutritifs et a eu un effet significatif sur les paramètres de croissance du tournesol. La dose de 4,2 T/ha maximisait la croissance et le rendement en capitules d'African Giant. Chez Italian White ; 5,6 T/ha donnent un rendement en capitules séchés (0,74 T/ha) inférieur à celui d'African Giant (1,33 T/ha). Des différences hautement significatives ont été enregistrées entre les deux variétés. La variété African Giant s'est avérée être la mieux adaptée pour la production de graines que la variété Italian White, cette dernière pouvant être utilisée comme plante ornementale et pour la production de fleurs.

Introduction

Le tournesol (*Helianthus annuus* L.) est la quatrième des plus importantes plantes

Summary

Response of Two Sunflower (*Helianthus* sp.) Varieties to Poultry Manure Fertilization on a Hapli-Humic Ferralsol at the Yongka Western Highlands Research Garden-Park (YWHRGP) Nkwen-Bamenda, Cameroon, Central Africa

An experiment on a Hapli-Humic Ferralsol was conducted at the YWHRGP, Nkwen-Bamenda, to evaluate the response of two sunflower varieties (*Helianthus* sp.) to five levels of poultry manure (0; 1.2; 2.8; 4.2 and 5.6 Tons/ha). Italian White and African Giant varieties were used. The experiment was laid out in a randomized complete block design with three and six replications for African Giant and Italian White varieties, respectively. Poultry manure was analyzed and growth, development and yield parameters were collected. The acid soil ($pH \leq 5.5$) showed nutrient deficiencies. The poultry manure ($pH=7.8$) is rich in essential nutrients and had a significant effect on sunflower growth parameters. The 4.2 Tons/ha manure level maximised growth and yield parameters of the African Giant variety. For the Italian White variety, 5.6 Tons/ha manure level gave a head weight yield (0.74 Tons/ha) lower than that of the African Giant (1.33 Tons/ha). Significant differences were also observed between the two varieties. However, the African Giant variety appears to be more adapted for seed production, while the Italian White variety appears to be best indicated for use as an ornamental plant or to produce cut flowers.

oléagineuses dans le monde. Il est produit comme source d'huile végétale et de protéines et comme plante ornementale (1, 5). C'est une plante satisfaisante dans tous les systèmes de production

¹ Université de Dschang, Département des Sciences du Sol; Promoteur- Coordonnateur du YWHRGP, Nkwen-Bamenda, NW Region, Cameroon.

² Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bafang-Cameroun.

³ Université de Gand, Professeur et Directeur du Laboratoire des Sciences du Sol, Département de Géologie et des Sciences du Sol, Gent, Belgique.

* Auteur correspondant : Email : bernardyerima@yahoo.com

Reçu le 9.01.2014 et accepté pour publication le 04.03.2014.

pluviale comme irrigué et croît bien quand il est planté sur des espaces bien ensoleillés, sur des sols sablo limoneux clairs et bien drainés (1; 5).

Les Hapli-Humic Ferralsols du YWHRGP, comme ceux du Nord-Ouest, présentent des déficiences en éléments essentiels pouvant entraver la croissance et le développement des plantes (15; 24). Ils présentent aussi un pH faible (<5,5), une faible CEC et un faible pourcentage de carbone organique. Ces sols acides et pauvres nécessitent en plus des amendements, des plantes pas très exigeantes comme le tournesol (*Helianthus annuus* L.), mais cette plante est peu répandue au Nord-Ouest. L'objectif principal de la production de cette plante serait donc l'obtention des rendements élevés et de qualité demandant d'utiliser des variétés adaptées, accompagnée de semences de bonne qualité et l'application des bonnes pratiques agricoles (5).

La matière organique du sol aide à retenir les nutriments, maintenir la structure du sol et stocker l'eau utilisée par les plantes et cette ressource importante est sujette à des gains et des pertes en fonction du changement des conditions environnementales et des pratiques culturales (18). Les pratiques de l'agriculture organique visent à augmenter la biodiversité et l'activité biologique des sols et permettent ainsi d'atteindre les systèmes naturels optimaux qui sont socialement, écologiquement et économiquement durables. Les fumiers organiques comme la fiente de poule, sous-produits des activités d'élevage contribuent à la croissance des plantes à travers leurs effets bénéfiques sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (4). Pour ces raisons, un intérêt croissant est mis sur l'agriculture biologique et organique par les consommateurs et les environnementalistes comme des solutions alternatives et complémentaires à l'agriculture conventionnelle à base de produits chimiques.

En plus, un besoin de données est utile sur la capacité en nutriments du sol et des besoins en



Figure 1: Photos des plants en champ.

nutriments des cultures, pour estimer la quantité de fumure à utiliser par les agriculteurs. Donc, l'extension des surfaces mises en culture par le tournesol doit se faire prioritairement sur la base des résultats des essais menés sur le terrain (Figure 1). C'est pour essayer de résoudre les différents problèmes mentionnés ci-dessus que deux variétés de tournesol (*Helianthus* sp.) ont été cultivées sur un Hapli-Humic Ferralsol du YWHRGP fertilisé à des doses différentes de fiente de poules pondeuses.

Matériels et méthodes

Site expérimental

L'étude a été conduite dans le YWHRGP, localisé à Nkwen-Bamenda dans la région du Nord-Ouest, Cameroun. Le site s'étend entre 5°59'24" – 5°59'35"N et entre 10°12'5" - 10°12'9"E. Le YWHRGP se trouve dans un climat de type «Camerounien d'altitude» marqué par une saison de pluies qui va de mars à novembre et une saison sèche de 4 mois qui va de novembre à février (15). La température moyenne annuelle est de 19,8 °C. Les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 2500 mm (23). Le sol de l'étude classé Hapli-Humic Ferralsol selon la classification WRB (6), a déjà été analysé lors d'une évaluation de son aptitude pour certaines cultures mises en place dans le YWHRGP par Makem (15).

Détails de l'essai

Les variétés cultivées étaient *Italian White* et *African Giant*. L'essai a été mis en place sur deux parcelles et suivant un dispositif en blocs complètement randomisés. Six blocs ayant chacun cinq lignes de cinq plants ont été utilisés pour la variété *Italian White* et trois blocs de quatre lignes pour quatre doses de fiente (T0, T1, T2 et T3 soit 0 T/ha; 1,4 T/ha; 2,8 T/ha; 4,2 T/ha et 5,6 T/ha, respectivement) ont été utilisés pour la variété *African Giant*. Les écartements étaient de 70×100 cm dans les blocs en respectant un écartement de 100 cm entre les blocs. En champ, des trous de 30 cm × 30 cm × 30 cm ont été faits, précédant la transplantation des plants de 40 jours issus de la pépinière. L'épandage de la fiente de poule s'est fait autour des plants pour éviter que la chaleur détruise les jeunes plants.

Les paramètres de croissance ont été mesurés entre la 2^e semaine après la transplantation et l'anthesis à intervalle d'une semaine et sur tous les plants viables de chaque traitement. A l'aide d'un mètre-taille, la hauteur du plant, la circonférence au collet du plant et le diamètre du capitule ont été mesurés. Le temps de floraison et par la suite, le

temps de fanaison des structures florales ont été enregistrés. Les feuilles étaient simplement comptées au niveau de la tige. Les capitules ont été récoltés, séchés pendant deux semaines puis pesés.

Analyse de laboratoire

Les sacs de 50 kg de fiente ont été mélangés pour homogénéiser la fiente et être sûre que les parcelles reçoivent le même type de fiente et 2 kg ont été prélevés pour les analyses au Laboratoire d'Analyse des Sols et de Chimie de l'Environnement de l'Université de Dschang. L'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldahl suivant Pauwels *et al.* (17). Le dosage de la matière organique a été réalisé suivant la méthode de Walkley et Black telle que décrite par Pauwels *et al.* (17). Le Phosphore assimilable a été déterminé par spectrophotométrie (17). Le Ca et le Mg ont été déterminés par complexométrie avec l'EDTA et K et Na par spectrophotométrie à flamme telle que décrite par Pauwels *et al.* (17).

Analyse des données

Les données ont été statistiquement analysées en utilisant l'ANOVA appropriée pour le dispositif en blocs complets randomisés comme expliqué par Gomez et Gomez (8). Le Test de Séparation Multiple de Duncan a été utilisé pour séparer les moyennes ($p \leq 0,05$). Les moyennes des variétés ont été comparées avec le Test de Student apparié (Paired t-Test). Pour décrire l'impact des doses sur certains paramètres des variétés, des régressions ont été faites ($p \leq 0,05$). Toutes les analyses statistiques et le traitement des données ont été réalisées avec les logiciels SPSS 12.0 (21) et Microsoft Excel 2007. Les résultats ont permis de faire ressortir graphiquement les relations significatives aux seuils de 1% et 5% entre certains paramètres de croissance et de rendements et les doses de fiente.

Résultats

Résultats des analyses du sol et de la fiente

Les propriétés du Hapli-Humic Ferralsol du YWHRGP dans les Hautes Terres de Bamenda (Tableau 1) indiquent que le sol a une texture limoneuse à argileuse en fonction de la profondeur et la densité apparente augmente avec la profondeur de 0,88-1,55 g/cm³. Il a un pH de 5,2 dans les 20 premiers cm, avec les pourcentages de CO variant entre 2,15 et 1,01%, d'azote total de 0,095-0,044% (soit un rapport C/N moyen de 21,4 pour tous les horizons) et une concentration en phosphore assimilable (Bray II) de 1,02 mg/kg dans

l'horizon Ap à 0,76 mg/kg dans l'horizon Bo. Les concentrations des bases échangeables sont observées dans l'horizon Ap (de 1,82; 0,98; 0,67 cmol(+)/kg de sol, respectivement, pour le Ca, Mg, et le K). Ce sol a une CEC qui varie de 5,7 en surface (Ap) à 3,2 cmol(+)/kg de sol en horizon Bo. La concentration en Al échangeable est de 0,04 cmol(+)/kg de sol dans les premiers centimètres du profil donnant lieu à une saturation en bases de la CEC effective de 77%.

La fiente de poule a un pH de 7,8 et un pourcentage de matière organique de 29,1%, d'azote total de 18,9 kg/ton et une concentration en P assimilable de 18,4 mg/kg pour le P Olsen et de 26,6 mg/kg pour le P organique (Tableau 1). Le rapport C/N est estimé à 8,89 et une CEC de 34,4 cmol(+)/kg. Les concentrations des cations échangeables sont de 14,8; 15,6; 2,03 et 0,39 cmol(+)/kg de fiente, respectivement pour le Ca, Mg, K et Na. La fiente a une conductivité électrique de 2,9 dS/m.

Effet des doses de fiente sur les paramètres de croissance

Les accroissements du collet et de la hauteur des plants ont été significativement influencés par les traitements de fiente pendant les différentes semaines de collecte des données pour les deux variétés (Tableau 2). Parmi les traitements, la dose de 5,6 T/ha de fiente de poule a donné des résultats significatifs différents des autres pour la hauteur des plants d'*Italian White* (Tableau 2). En comparant les doses similaires entre les deux variétés (0; 1,4; 2,8; 4,2 T/ha), la croissance en hauteur des plants (Figure 2) est plus statistiquement importante chez *African Giant* tandis que *Italian white* a une croissance focalisée sur l'augmentation du collet (Tableau 2).

Effet des doses de fiente sur les paramètres de développement et de rendement

Les paramètres de développement montrent des réponses statistiquement différentes (Tableau 3). Le temps nécessaire pour la floraison chez *Italian White* a été influencé par la dose de fiente et plus la quantité de fiente augmente jusqu'à la dose 4,2 T/ha, les plants fleurissent plus vite. Le même constat a été observé pour la fanaison des structures florales précédant la maturation des graines issues du développement des fleurons. Le diamètre du capitule ainsi que son poids ont montré des réponses statistiquement différentes en fonction de la dose de fiente et ils augmentent avec la quantité de fiente de poule appliquée pour *Italian White*. Pour *African Giant*, le diamètre maximal du

collet (17,78 cm) a été obtenu à la dose de 4,2 T/ha. Cependant, le poids des capitules augmente avec la dose de fiente de poule (Tableau 3). Un rendement de 1,33 T/ha de graines a été obtenu avec la dose de 4,2 T/ha de fiente de poule avec *African Giant*. En fait, les variétés ont montré des différences significatives liées au nombre de feuilles et la hauteur des plants chez *African Giant* (Tableaux 2 et 3). Plus encore, le diamètre et le poids des capitules sont plus grands sur les plants d'*African Giant*. Les plants ont fleuri plus tardivement chez *Italian White* et les capitules ont séché plus vite comparée à *African Giant*.

Comparaison des variétés

L'analyse de l'adaptabilité des différentes variétés passe par la comparaison de leurs performances. Une comparaison des deux variétés sur leurs performances comme présenté dans le Tableau 2 et 3 et la figure 2 pour la hauteur du plant, montre que les variétés sont statistiquement différentes. Cette différence significative est hautement élevée ($p= 1\%$). Aussi, le rendement en capitules d'*African Giant* (0,90 T/ha) est à peu près le double de celle d'*Italian White* (0,45 T/ha). De même, les fleurs d'*African Giant* fanent plus vite que celles d'*Italian White*; le même constat est fait pour le temps de floraison. Le cycle de la variété *African Giant* est plus long (110 jours) que celui de la variété *Italian White* (96 jours).

Corrélations et régressions

Pour *Italian White*, le poids des capitules est fortement corrélé à la dose de fiente de poule ($r= 0,982^{**}$) de même que le diamètre moyen des capitules et les accroissements en hauteur. Le

diamètre du capitule est fortement corrélé au poids des capitules ($r= 0,996^{**}$) traduisant l'accumulation de matière sèche avec la grosseur du capitule. Plus encore, le poids des capitules est fortement corrélé de façon positive aux accroissements en hauteur des plants. Les équations de régression entre les paramètres de rendement et les dose de fiente indiquent que les variances observées de 96,4% et 94,1% (Figure 3a) de la dose de fiente peuvent être expliquées par le poids des capitules et le diamètre du capitule, respectivement. Les équations de régression entre les temps de floraison et de fanaison et les doses de fiente ont des pentes négatives, traduisant la diminution de la période végétative et de la période reproductrice avec la dose de fiente, respectivement (Figure 3a).

L'étude des corrélations sur *African Giant* montre que quelques paramètres sont liés de façon significative. Le poids des capitules et l'accroissement en hauteur sont très fortement corrélés ($r= 0,993^{**}$ et $r= 0,998^{**}$, respectivement) à la dose de fiente. La relation entre le poids des capitules et la dose de fiente indique une explication de la variance de l'ordre de 98,6% (Figure 3b) et traduit une augmentation du rendement avec la dose de fiente.

Discussions

Etat nutritif du sol

L'état initial de la fertilité du Ferralsol utilisé pour l'étude est faible et contraint la production de certaines cultures pérennes comme l'avocatier, l'anacardier, le manguier et le jatropha (15). Le pH acide (5,2) et la faible CEC (5,73 cmol(+)/kg de sol) sont les principales contraintes de production dans

Tableau 1
Propriétés physiques et chimiques du Hapli-Humic Ferralsol de l'étude et de la fiente de poules pondeuses.

Sol	Da	CT	CO	NT	C/N	CEC	Cations échangeables						Phosphore assimilable		Saturation en bases		CEe	pH H ₂ O	
							Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Bray II	Olsen	Organique	CEC			CECE
Horizon (cm)	g/cm ³			%			cmol(+)/kg de sol						mg/kg		%			dS/m	
Ap 0-20	0,88	L	2,2	0,1	22,6	5,7	0,16	0,72	1,96	1,56	0,04	1,2	1,02	-	-	76	77	0,35	5,2
BA 20-46	0,9	AL	1,7	0,09	18,5	4,8	0,08	0,67	1,82	0,98	-	-	0,98	-	-	74	-	0,38	5,6
Bw 46-91	1,2	A	1,3	0,06	21,8	3,9	0,1	0,67	1,72	0,82	-	-	0,89	-	-	84	-	0,35	5,7
Bo 91-180	1,5	A	1	0,04	22,9	3,2	0,14	0,87	1,03	0,8	-	-	0,76	-	-	88	-	0,31	5,7
Fiente de poule			17	1,89	8,89	34,4	0,39	2,03	14,8	15,6	-	-	-	18,35	26,56	95	-	2,9	7,8

Où : Da = Densité apparente; CT = Classe texturale; CO = Carbone organique; NT = Azote total; CEC = Capacité d'Échange Cationique; CECE= Capacité d'Échange Cationique Effective; CEe = Conductivité Electrique extraite

Tableau 2
Accroissement de la circonférence au collet (cm) et de la hauteur des plants (cm) des deux variétés en fonction des doses de fiente de poule (T/ha).

Traitements Doses de fiente (T/ha)	<i>Italian White</i>				<i>African Giant</i>				Valeur de t-student
	Accroissement de la circonférence au collet des plants								
	Semaines Après Transplantation (SAT)								
	5	7	9	11	5	7	9	11	
0	0,65a	1,28a	1,85a	2,71a	0,25a	0,56a	1,24a	2,11a	
1,4	1,04b	1,74b	2,30b	3,23b	0,52ab	0,91ab	1,22a	2,20ab	
2,8	1,10b	1,88b	2,50b	3,55b	0,70b	1,24b	1,62a	2,67bc	
4,2	1,12b	1,90b	2,45b	3,38b	0,67b	1,41b	1,73a	2,72c	5,71**
5,6	1,15b	1,90b	2,51b	3,45b					
Accroissement en hauteur des plants									
Semaines Après Transplantation (SAT)									
	3	5	7	9	3	5	7	9	
0	9,33a	26,42a	54,92a	67,87a	15,44a	43,44a	81,00a	97,56a	
1,4	11,04a	29,92a	63,71a	77,33b	20,11a	52,11a	85,33a	97,22a	-5,65**
2,8	12,96b	40,00b	74,25b	87,13c	18,22a	50,89a	88,89a	96,22a	
4,2	14,75c	44,04bc	78,25bc	82,42bc	19,33a	54,33a	93,78a	105,22a	
5,6	15,87d	49,08c	84,58c	87,58c					

Pour chaque variété, les valeurs suivies des mêmes lettres dans la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité P = 5%. ** Les moyennes sont statistiquement différentes au test de Student au seuil de signification de 1%

Tableau 3
Effet des doses de fientes (T/ha) sur certains paramètres de développement et de rendement du tournesol et comparaison des variétés.

Paramètres	<i>Italian White</i>					<i>African Giant</i>				Valeur de t-student
	Doses de fiente (T/ha)									
	0	1,4	2,8	4,2	5,6	0	1,4	2,8	4,2	
Nombre moyen de feuilles/plant	18,83a	20,25a	19,22a	20,00a	19,08a	35,11c	25,56b	17,78a	24,22b	-3,56**
Temps de floraison (Jours)	46,00c	43,96c	43,04bc	38,5a	39,5ab	38,11a	34,56a	36,11a	35,44a	6,36**
Temps de fanaison des fleurs (Jours)	72,25b	72,83b	71,67b	67,00a	65,83a	69,33a	65,44a	67,78a	67,78a	2,84**
Diamètre moyen du capitule (cm)	10,85a	12,65b	14,48c	15,54cd	15,87d	13,5a	15,28ab	13,33a	17,78b	-3,28**
Poids moyen des capitules (T/ha)	0,2a	0,36b	0,57c	0,66cd	0,74d	0,5a	0,8b	0,98b	1,33c	-7,25**

Pour chaque variable par variété, les valeurs suivies des mêmes lettres dans la ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité P = 5%. ** Les moyennes sont statistiquement différentes au test de Student au seuil de signification de 1%

les systèmes traditionnels de production. Toutes fois, il y a la possibilité d'obtenir des rendements économiques avec la fertilisation organique. Toutes les déficiences observées sont corrélées au pH acide de ce sol (24).

Ce sol a une charge nette négative (pH H₂O ≥ pH KCl) comme la plupart des Ferralsols tropicaux (6,

13, 24). Le faible pH peut être associé à la faible saturation en bases et au matériel parental acide (roche granitique). Un lessivage intense diminue les concentrations en bases échangeables dans le sol (24). La concentration en Al échangeable de 0,04 cmol(+)/kg de sol est faible dans ce Hapli-Humic Ferralsol mais selon certaines observations dans

les Ferralsols acides, augmente avec la profondeur (13). Cette distribution est une importante caractéristique à considérer pour la gestion de ces sols car l'Al échangeable se comporte comme un inhibiteur pour le développement des racines des plantes (19). En effet, au pH<5,5, la forme ionique soluble $H_2PO_4^-$ (ortho phosphate) réagit avec l'Al et le Fe pour donner des composés stables (24); ce processus est appelé P-fixation. Certains auteurs ont trouvé que le P est l'élément essentiel le plus limitant dans les sols acides et que sa déficience peut être tellement accrue au point où la croissance des plantes s'estompe (6, 22). Un optimum de croissance et de rendement des cultures est largement contrôlé par le niveau adéquat de P

disponible et une application de P et d'N est nécessaire dans les tropiques pour mieux profiter de la régularité des pluies (22). La faible CEC de ce sol (Tableau 2) est corrélée à la minéralogie de la fraction argileuse, constituée principalement de kaolinite et des oxihydroxydes de Fe et Al ayant des faibles charges variables de surface (9, 24). La CEC diminue de la surface à la profondeur, indiquant la forte influence de la matière organique (MO) dans les propriétés d'échange (13). La teneur moyenne du CO à la surface de ce sol est de 1,70%. L'équation ($CEC = 2,388 CO + 0,4451$; $R^2 = 0,989$) obtenue par Makem (15) et le coefficient de corrélation élevé indiquent que les propriétés d'échange sont fortement liées à la MO. La

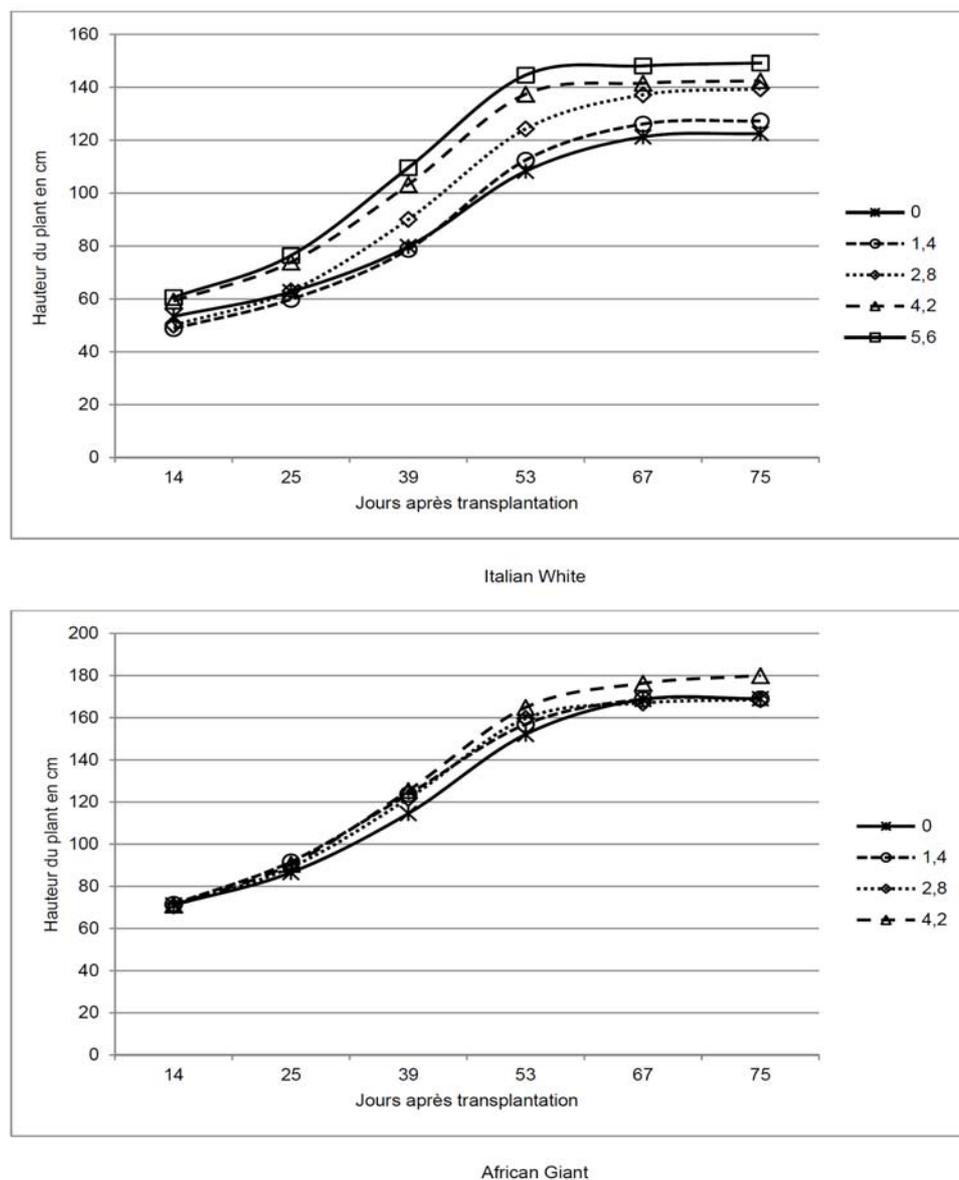


Figure 2: Courbes de croissance en hauteur des plants sur les différents traitements pour les deux variétés. Chaque point est la moyenne des six blocs.

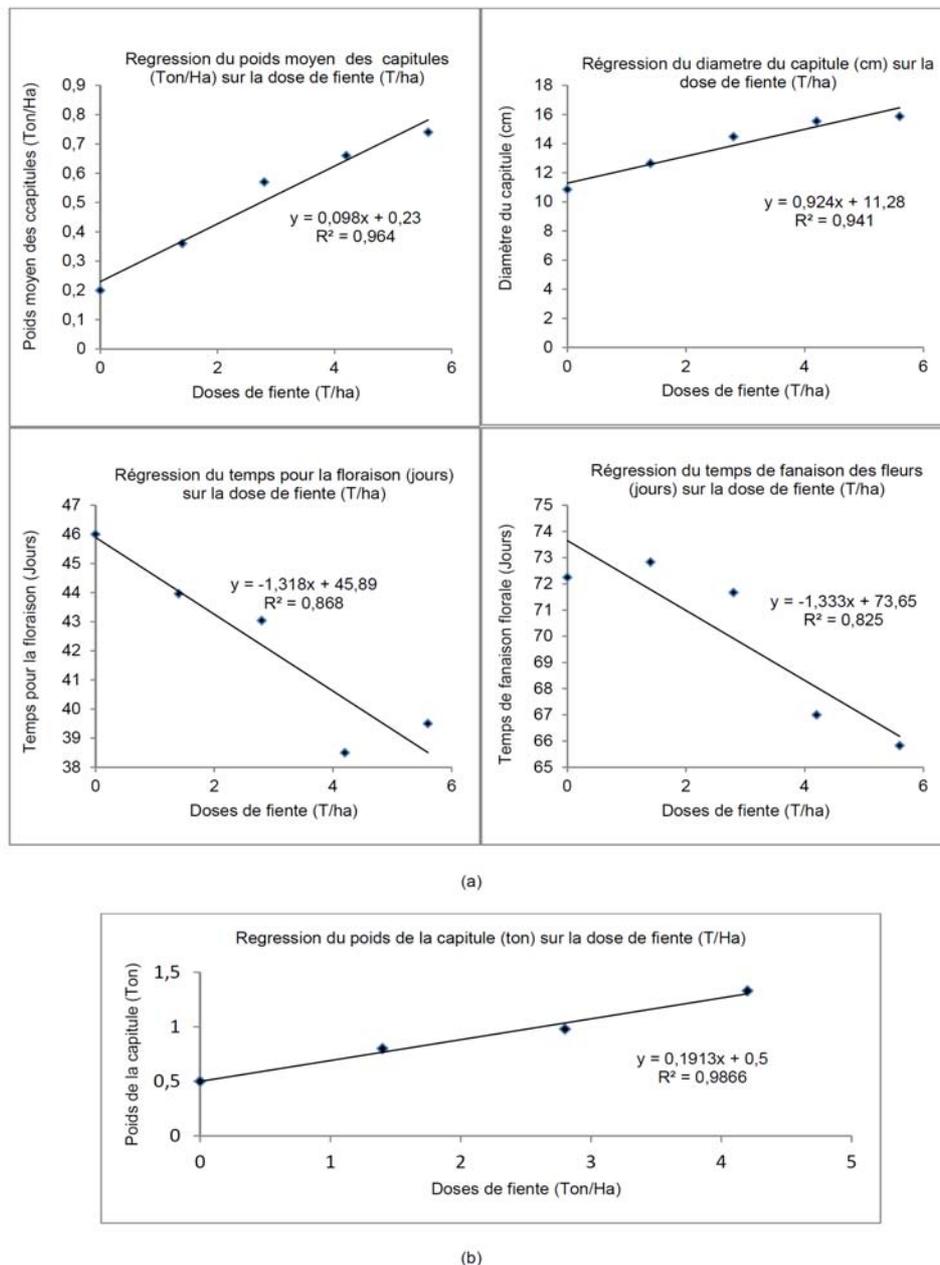


Figure 3: Relation entre certains paramètres de rendements et les doses de fiente de poule de la variété *Italian White* (a) et de la variété *African Giant* (b).

contribution de la MO dans la CEC du sol dans l'horizon A est plus grande que les autres horizons de profondeur.

Caractéristiques physiques du sol

La texture fine de ce sol (argilo-limoneuse à argileuse) dérive principalement du matériel parental qui est le granite. La magnitude du ratio limon/argile avec la profondeur, a une signification spéciale en termes de degré d'altération de la roche mère (14). Généralement, la faible teneur en

limons est une caractéristique commune des sols profondément altérés, parce que les minéraux primaires sont instables dans cette fraction (13). La texture, la consistance et la plasticité de ce sol sont le résultat de la présence de kaolinite et de sesquioxydes. Ce sol se trouve sur un ancien plateau légèrement incliné (pente 5%). Les procédés d'altération chimique (hydrolyse et hydratation) sont importants à cause de la pluviométrie et l'infiltration élevées qui favorisent la décomposition de la roche mère donnant lieu à un profil bien développé (24). La couleur rouge de ce

sol indique un bon drainage interne et la présence de Fe^{3+} dans le profil et une grande proportion d'hématite comme la plupart des Ferralsols (6). La faible structure et la porosité de cet Ferralsol sont en concordance avec les résultats des autres études (13, 24).

Utilisations du sol

Le sol étant acide, son potentiel productif pour des cultures comme le tournesol (*Helianthus annuus* L.) est important si le sol est géré proprement. Avec la pression démographique, la plupart des paysans dans cette zone, qui pratiquaient l'agriculture de subsistance à faible intrants et la jachère pendant des longues durées, sont obligés d'améliorer les propriétés de ces sols par l'utilisation des fientes qui sont moins chers sur le marché que les engrais inorganiques (chaux et phosphates) (9, 13, 23). Prenant en compte le coût élevé des engrais minéraux et leur rôle néfaste dans l'écologie des sols, l'utilisation de la fiente de poule représente un potentiel énorme de gestion de la fertilité de ce sol et d'amélioration de la croissance et des rendements des cultures.

Effet de la fiente

Les résultats des analyses ont montré que la fiente peut redresser la balance cationique et le rapport C/N du sol de l'étude. Ce redressement est hautement possible car la fiente va apporter des quantités suffisantes de N, P, K, Ca, Mg et de MO (2). Pendant la décomposition et la minéralisation de la matière organique, la libération des nutriments est bénéfique au sol de l'étude, pauvre en matière organique, azote, phosphore et en bases échangeables. La MO apportée par la fiente, améliore les propriétés physiques du sol. Une étude a montré que la densité apparente et la température du sol connaissent une réduction avec l'apport de MO (2) tandis que la porosité totale, l'humidité et la capacité de rétention en eau sont améliorées. Cette dernière réduit la température journalière du sol réduisant ainsi la perte en eau (3). La disponibilité croissante des nutriments du sol due à l'application de fumure augmente entraînant leur absorption par les racines des plantes. Les résultats obtenus corroborent avec celles des études précédentes qui montrent que la fiente de poule augmente la croissance et les rendements du tournesol, attribuable aux propriétés chimiques et physiques du sol améliorées (2, 25).

La grande concentration en nutriments de la fiente spécialement en N et le P est à l'origine des améliorations dans la croissance et le poids des capitules. Ce résultat est en concordance avec

celui de Zamil *et al.* (25) qui a démontré que la fiente de poule améliore la disponibilité de l'azote, du phosphore et du potassium. Sengar *et al.* (20) ont démontré que l'absorption des éléments majeurs est significativement augmentée par l'application de fiente de poule sur la culture du riz. L'application des fumiers sur les sols acides dans le but de réduire les besoins en chaux et en engrais phosphatés pourrait être d'un bénéfice considérable pour les agriculteurs à faibles intrants. Pendant la décomposition de la MO, une variété de composés organiques sont libérés par les décomposeurs micro-organiques. L'Al peut se fixer fortement sur la plupart de ces composés organiques. Les substances humiques sont capables de former des complexes avec les ions polyvalents comme Al et l'Al forme des associations solubles et insolubles avec le matériel humique (10). Après la complexation, l'Al n'est plus toxique aux plantes parce que ce processus réduit considérablement sa concentration dans la solution du sol et permet de libérer le P fixé par les oxydes de Fe et Al (10), pour le rendre disponible aux plantes pour une bonne croissance et rendement. Donc, la réduction de l'adsorption du P et l'augmentation de sa disponibilité après l'application de la fiente de poule sont des résultats cumulés de plusieurs mécanismes (11), à savoir: la libération du phosphore inorganique de la décomposition des résidus, le blocage des sites d'adsorption du P par les molécules organiques, l'augmentation du pH durant la décomposition et la complexation d'Al et le Fe solubles par les molécules organiques, entre autres.

Le rendement en grains du tournesol est une composante quantitative héritée hautement influencée par les facteurs environnementaux. Des relations fonctionnelles établies entre les différents paramètres ont aidées à comprendre des processus de synthèse et d'accumulation de la matière sèche dans la plante. Cette accumulation se fait par la translocation des assimilats dans les organes de stockage que sont les graines. Plusieurs chercheurs ont examiné les relations entre les composantes de rendement généralement en utilisant des corrélations et ont conclu que la sélection des rendements en grains sur le tournesol, devrait largement être dépendante du poids de 1000 graines, du diamètre du capitule et du temps de maturation (7, 12). Cependant, le rendement est aussi dépendant du potentiel génétique du cultivar et les contributions des autres composantes du rendement comme le poids des graines, le diamètre du capitule etc. et doivent être considérées dans l'amélioration des rendements (12). Les coefficients de corrélation élevés obtenus

entre la hauteur du plant, la circonférence au collet, le diamètre du capitule et le poids des capitules, confirment les observations de Kaya *et al.* (12) que ces paramètres jouent un grand rôle dans l'amélioration du rendement en grains et en huile.

Conclusion

Les résultats de l'étude montrent que la fiente de poule améliore de façon significative les propriétés du sol, les rendant ainsi plus productifs. Cela met en exergue le rôle de la fiente sur la croissance et le développement des plantes. Les pratiques culturales (petits trous de 30 cm, paillage et non

utilisation des produits phytosanitaires) en plus de la fertilisation organique, indiquent que sur le Hapli-Humic Ferralsol du YWHRGP, la dose de 4,2 T/ha de fiente de poule poudeuse peut être utilisée avec la variété *African Giant* dans le souci de produire des graines nécessaires pour la consommation et les autres utilisations. Dans le but de faire le commerce des fleurs coupées ou d'embellir un espace avec des tournesols, la variété *Italian White* présente des caractéristiques intéressantes (diamètre de la capitule, temps d'apparition des fleurs et de fanaison des structures florales) quand le sol reçoit un apport de 2,8 T/ha de fiente de poule.

Références bibliographiques

- Adebayo A.G., Akintoye H.A., Aina O.O., Olatunji M.T. & Shokalu A.O., 2012, Assessment of organic amendments on growth and flower yield of sunflower (*Helianthus annuus*). *Libyan Agric. Res. Center J. Int.*, 3,1, 24-29.
- Agbede T.M., Ojeniyi S.O. & Adeyemo A.J., 2008, Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest, Nigeria. *Am.-Eurasian J. Sustainable Agric.*, 2,1, 72-77.
- Akanni D.I., 2005, *Response of nutrient composition and yield components of tomato livestock manure*. Ph.D. Thesis, Department of Crop, Soil and Pest Management, Federal University of Technology, Akure. pp 120.
- Aowad M.M. & Mohamed A.A.A., 2009, The effect of bio, organic and mineral fertilization on productivity of sunflower seed and oil yields, Kafr El Sheikh University, *J. Agric. Res.*, 35,4, 1013-1027.
- Ashraf A.E.A.E. 2012, Analyzing and modeling the relationship between yield and yield components in sunflower under different planting dates. *J. Plant Breeding Crop Sci.*, 4,8, 125-135.
- FAO. 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report 84. Rome.
- Goksoy A.T. & Turan Z.M., 2006, Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids, *Int. J. Agric. Biol.*, 8, 621-625.
- Gomez K.A. & Gomez A.A., 1984, *Statistical procedures for agriculture research*. A Wiley- Int. science Publication, John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.
- Harter R. D. 2007, *Acids Soils of the Tropics*, Echo Technical Note, 17391 Durance Road, North Fort Myers, FL 33917, USA, 11p.
- Haynes R.J. & Mokolobate M.S., 2001, *Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Kluwer Academic Publishers, 59, 47- 63.
- Iyamuremye F. & Dick R.P. 1996. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Adv. Agron.*, 56, 139-185.
- Kaya Y., Goksel E., Durak S., Pekcan V. & Gucer T. 2009. Yield components affecting seed yield and their relationships in sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Pak. J. Bot.*, 41,5, 2261-2269.
- Klamt E. & Van Reeuwijk L.P. 2000. Evaluation of morphological, physical and chemical characteristics of ferralsols and related soils. *Soc. Bras. Sc. Soil*, 24, 573-587.
- Lal R., 1981, *Physical properties, In characterization of soils in relation to their classification and management for crop production: Examples from some areas of the humid Tropics*, (Ed.) J. Greenland, 135-148.
- Makem A.C.F., 2010, *Evaluation des terres du Yongka Western Highlands Research Garden Park pour la culture d'Avocatier (Persea americana M.), l'Anacardier (Anacardium occidentale L.), le Manguier (Mangifera indica L.) et le Jatropha (Jatropha curcas L.)*. Département des Sciences du Sol, FASA, Université de Dschang, Cameroun.
- Mohamed A.A.E., 2003, Response of sunflower to phosphorine and cerealine in inoculation under low NP-fertilizer levels. *Tanta Univ., J. Agric. Res.*, 29,2, 653-663.
- Rashad F.M., Kesba H.H., Waleed D.S. & Mohamed A.M., 2011, Impact of rice straw composts on microbial population, plant growth, nutrient uptake and root-knot nematode under greenhouse conditions. *African J. Agric. Res.*, 6,5, 1188-1203.
- Ritchey K. D., Souza D.M.G., Lobato E. & Correa O., 1980, Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savannah Oxisol, *Agron. J.*, 72, 40-44.
- Sengar S.S., Wade I.J., Baghel S.S., Singh R.K. & Singh G., 2000, Effect of nutrient management on rice in rainfed low land of Southeast Madhya Pradesh. *Indian J. Agron.*, 45,2, 313-322.
- SPSS 12.0. 2008. SPSS for Windows. SPSS Inc. 2008
- Takow J. A., Doumbia M.D. & Hossner L. R., 1991, *Acid soil profiles of the semiarid and subhumid tropics in Central and West Africa*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 313-320.
- Yerima B.P.K., 2010, *Protective measures taken for preserving species endangered of extinction due to the climate change in Yongka Western Highlands Research Garden-Park, Nkwen-Bamenda, NW Region, Cameroon*. Support Africa International, University of Dschang, Cameroun. p. 4-11.
- Yerima B.P.K. & Van Ranst E., 2005, *Major Soil classification systems used in the tropics: Soils of Cameroon*. Trafford Publishing, 6E-2333 Government St. Victoria, BC Canada.
- Zamil S.S., Quadir F.Q., Chowdhury M.A.H. & Al Wahid A., 2004, Effects of different animal manures on yield quality and nutrient uptake by mustard cv. Agrani. *BRAC Univ. J.*, 1, 2.

B.P.K. Yerima, Camerounais, Maitre de conférences, Université de Dschang, Département des Sciences du Sol, Dschang, Cameroun; Promoteur-Coordonnateur du YWHRGP, Nkwen-Bamenda. NW Region, Cameroon.

A.Y. Tiamgne, Camerounais, Ingénieur Agronome, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bafang, Cameroun.

E. Van Ranst, Belge, Professeur et Directeur, Université de Gand, Département de Géologie et des Sciences du Sol, Gent, Belgique.

Parasitisme du safoutier par les *Tapinanthus* au plateau de Logbessou (Douala, Cameroun)

R. Mony¹, M. Tchatat², F. Massako³ & S.D. Dibong^{1*,4,5}

Keywords: Logbessou's plateau- *Dacryodes edulis*- Parasitism- *Loranthaceae*- Cameroon

Résumé

Au Cameroun, le parasitisme par les Loranthaceae est un facteur limitant de la culture du safoutier au même titre que le caractère périssable des fruits qui réduit la durée de conservation. Des inventaires ont été effectués dans les jardins de cases du plateau de Logbessou à Douala. Tous les safoutiers susceptibles de produire, localisés dans un périmètre de 200 m x 25 m, du centre à la périphérie du plateau, ont été observés et caractérisés à partir de la circonférence du tronc, du nombre de touffes de Loranthaceae présentes sur l'arbre et du taxon du parasite. Le safoutier est essentiellement parasité par deux espèces du genre *Tapinanthus*. Le taux de parasitisme (34%) a varié significativement du centre à la périphérie du plateau. Le nombre moyen de touffes de *Tapinanthus* par arbre a été également significativement différent du centre à la périphérie du village et entre les deux espèces de *Tapinanthus*. Il est important de rechercher l'âge à partir duquel les parasites affectent significativement les rendements des safoutiers, afin de pouvoir proposer des méthodes de lutte adaptées quand les paysans voudront limiter le parasitisme de cette espèce.

Summary

Safou Parasitism by *Tapinanthus* on Logbessou's plateau (Douala, Cameroon)

In Cameroon, parasitism by Loranthaceae is a limiting factor of the safou tree cultivation as well as the perishable nature of the fruit which reduces the shelf life. Inventories were carried out in the home gardens of Logbessou's plateau in Douala. All the safou trees likely to produce and located within a perimeter of 200 m x 25 m from the center to the periphery of the plateau were observed and characterized by the circumference of the trunk, the number of tufts of Loranthaceae present on the tree and the taxon of the parasite. Safou trees are primarily parasitized by two species of *Tapinanthus*. Parasitism rate (34%) varied significantly between center and periphery of the plateau. The average number of tufts of *Tapinanthus* by tree was also significantly different according to the location of the trees and between the two species of *Tapinanthus*. It is important to investigate the age at which pests significantly affect Safou yields in order to be able to propose adequate control methods when the farmers want to limit the parasitism of this species.

Introduction

Le safoutier, *Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam est une espèce oléagineuse de la famille des *Burseraceae*, très appréciée en zone forestière du Cameroun (8). Cet arbre produit des fruits appelés safou très consommés par les populations des zones de production et au-delà. L'aire de production du safou au Cameroun est assez étendue, et est divisée en trois zones principales (15). Le safoutier se présente comme un arbre à usages multiples bien que l'usage le plus répandu

soit la consommation des fruits. Le safou est au centre d'une grande activité économique qui a été estimée à 5 milliards de FCFA en 1997 (9). En plus de cette importance locale, le safou fait également l'objet d'importantes transactions vers les marchés des grandes métropoles européennes: Paris, Bruxelles et Londres (14).

L'importance économique du safou reste toutefois handicapée par le caractère périssable des fruits qui réduit la durée de conservation d'où les nombreuses pertes enregistrées en post-récolte.

1 Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Animales, Yaoundé, Cameroun.

2 Institut de Recherche Agricole pour le Développement de Nkolbisson, Yaoundé, Cameroun.

3 Université de Douala, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes Végétaux, Douala, Cameroun.

4 Université de Douala, Institut des Sciences Halieutiques, Douala, Cameroun.

5 Université de Douala, Faculté des Sciences, Faculté de Médecine et de Sciences Pharmaceutiques, Douala, Cameroun.

*Auteur correspondant : Email : ruthmony@yahoo.fr

Reçu le 16.12.2013 et accepté pour publication le 17.06.2014.

Dans la région de Douala, le parasitisme du safoutier par des *Loranthaceae* est également un facteur limitant de la culture. Les *Loranthaceae* sont des phanérogames hémiparasites épiphytoïdes largement distribuées dans les régions tropicales : Amérique, Afrique, Australie et s'étendent aux régions tempérées (1). Elles sont regroupées en 950 espèces réparties dans 77 genres. Au Cameroun, les *Loranthaceae* sont représentées par 26 espèces appartenant à 7 genres : *Agelanthus*, *Englerina*, *Globimetula*, *Helixanthera*, *Phragmanthera*, *Tapinanthus* et *Viscum* (5, 10). La dissémination et la distribution des *Loranthaceae* ont été étudiées et les résultats montrent que les principaux vecteurs sont les oiseaux (12). Ces oiseaux granivores consomment leurs fruits qui sont des pseudobaies (2). Les *Loranthaceae* se rencontrent dans la plupart des groupements végétaux décrits au Cameroun, y compris les mangroves (6).

Afin d'évaluer les possibilités de contrôle de ce parasitisme, un inventaire des espèces de *Loranthaceae* rencontrées au plateau de Logbessou a été entrepris, puis le taux d'arbres parasités a été calculé et le nombre moyen de touffes de *Loranthaceae* par arbre prospecté a été évalué.

Matériel et méthodes

Site d'étude

Le travail a été conduit dans les jardins de cases du plateau de Logbessou, situé au Nord-Est de la ville de Douala (Latitude 03°40' - 04°11' N, Longitude 09°16' - 09°52' E, altitude 13 m), sur la route allant à Yabassi (6). Le site a été choisi en raison du parasitisme des safoutiers [(*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam] par les *Loranthaceae*.

Matériel

Le matériel végétal a été composé des safoutiers et des espèces de *Loranthaceae*. Le matériel technique comprenait un appareil photo numérique et un double décimètre.

Méthodes

Les investigations sur le terrain se sont déroulées de décembre 2010 à janvier 2011. Le travail a consisté à inventorier les safoutiers parasités par les *Loranthaceae* et à identifier ces derniers du centre à la périphérie du plateau, vers le carrefour P.K. 14. Les circonférences de tous les safoutiers parasités et non parasités ont été mesurées à l'aide d'un double décimètre à 1,30 m du sol et le nombre de touffes des parasites pour les arbres qui

en possédaient, a été déterminé en grim pant sur l'arbre.

Le taux de parasitisme (T_p) des safoutiers est déterminé par la relation (Formule I):

$$T_p = \frac{(\text{nombre de safoutiers parasités})}{(\text{nombre total de safoutiers})} * 100 \quad I$$

Et l'intensité moyenne (Im) du parasitisme est déterminée par la relation (Formule II):

$$T_p = \frac{(\text{nombre de touffes de Loranthaceae})}{(\text{nombre total de safoutiers parasités})} \quad II$$

Les données de terrain ont été compilées dans le logiciel Excel et les tests de comparaison ANOVA ont été effectués en utilisant le logiciel XLSTAT.

Résultats

Inventaire des *Loranthaceae* sur les individus de *Dacryodes edulis*

Deux espèces de *Loranthaceae* appartenant au genre *Tapinanthus* ont été inventoriées et identifiées sur les safoutiers du plateau de Logbessou: *Tapinanthus ogowensis* (Engler) Danser et *T. preussii* (Engler) Tieghem (Figures 1 a, b).

Répartition du parasitisme par les *Loranthaceae* sur les safoutiers

Deux espèces ligneuses hôtes ont été inventoriées au centre et à la périphérie du plateau: une espèce sensible au parasitisme, *Dacryodes edulis* et une autre résistante, *Mangifera indica*. Pour le manguier, 84 individus tous sains ont été inventoriés et 59 individus pour le safoutier dont 20 parasités. La périphérie du plateau ne comportait aucune espèce hôte parasite (Tableau 1).

Le taux de parasitisme (T_p) est de 34% sur le plateau. Les individus parasités de *Dacryodes edulis* portent les touffes à *Tapinanthus ogowensis* associées aux touffes à *T. preussii* (centre du plateau) ou seulement à *T. ogowensis* (périphérie du plateau).

Le parasitisme à *T. ogowensis* est donc dominant sur le plateau avec un nombre de touffes moyen de $5,6 \pm 5,9$ alors que cette valeur n'est que de $2,4 \pm 1,2$ pour *T. preussii* (Tableau 2). La répartition des touffes n'est pas aléatoire sur les branches des individus parasités: celles de *T. ogowensis* sont toujours plus élevées et situées au sommet alors

(a) *Tapinanthus ogowensis*(b) *Tapinanthus preussii***Figure 1:** Safoutier parasité par deux *Lorantheaceae*.(a) *Tapinanthus ogowensis* au sommet de l'hôte(b) *Tapinanthus preussii* sur les branches périphériques.**Figure 2:** Touffes de *Lorantheaceae* réparties sur le feuillage de safoutier.**Tableau 1**Répartition des individus sains et des individus parasités de *Dacryodes edulis* dans la zone d'étude.

	<i>Dacryodes edulis</i>		Total
	Individus sains	Individus parasités	
Périphérie du plateau	21	0	21
Plateau	Centre	0	14
	Périphérie	18	6
Total	39	20	59

que celles de *T. preussii* sont moins élevées et périphériques (Figures 2 a, b).

L'intensité moyenne (I_m) du parasitisme de *Tapinanthus* au plateau est de $8 \pm 7,4$ touffes/individu parasité et significativement différent pour le test ANOVA ($F=12,018$; $p=0,003$) au centre ($12,1 \pm 7,2$ touffes/individu) et à la

périphérie ($2,9 \pm 1,6$ touffes/individu). De même, cette intensité est significativement différente pour chaque espèce de *Tapinanthus* au centre et à la périphérie du plateau. Pour *T. ogowensis*, elle est de $7,7 \pm 7,1$ touffes/individu et $2,9 \pm 1,6$ touffes/individu et pour *T. preussii* de $4,4 \pm 4,8$ touffes/individu et 0 respectivement au centre et à la périphérie du plateau. Cette intensité moyenne du parasitisme des deux espèces de *Tapinanthus* varie de manière significative à la périphérie pour le test ANOVA ($F=28,766$; $p=0,0001$) (Tableau 2).

La circonférence moyenne des arbres hôtes est en rapport avec l'intensité moyenne du parasitisme au centre et à la périphérie pour *T. ogowensis* ($117,7$ cm/ $7,7 \pm 7$ touffes par individu et $100,3$ cm/ $2,9 \pm 1,6$ touffes par individu) et *T. preussii* ($117,7$ cm/ $4,4 \pm 4,8$ touffes par individu et $100,3$ cm/0 touffe par individu) (Tableau 2).

Les individus parasités à la fois par les deux espèces de *Tapinanthus* sont regroupés au centre

Tableau 2
Nombre de touffes de parasite par safoutier parasité.

Individus hôtes	Circonférence (cm)	Nombre de touffes de <i>Tapinanthus</i>	Nombre de touffes de <i>T. ogowensis</i>	Nombre de touffes de <i>T. preussii</i>
Centre du plateau				
<i>Dacryodes edulis</i> 4	113,7	27	18	9
<i>D. edulis</i> 8	59	23	23	0
<i>D. edulis</i> 6	98	18	1	17
<i>D. edulis</i> 12	133	14	9	5
<i>D. edulis</i> 7	124	13	11	2
<i>D. edulis</i> 10	187	10	6	4
<i>D. edulis</i> 5	89	7	5	2
<i>D. edulis</i> 15	103,6	7	5	2
<i>D. edulis</i> 14	130	6	2	4
<i>D. edulis</i> 13	154	5	3	2
<i>D. edulis</i> 11	103	3	2	1
Sous total	1294,3	133	85	48
Moyenne	117,7	12,1 ± 7,2	7,7 ± 7,0	4,4 ± 4,8
Périphérie du plateau				
<i>D. edulis</i> 16	120	6	6	0
<i>D. edulis</i> 2	118,2	4	4	0
<i>D. edulis</i> 18	102	4	4	0
<i>D. edulis</i> 3	99	3	3	0
<i>D. edulis</i> 20	123	3	3	0
<i>D. edulis</i> 1	99	2	2	0
<i>D. edulis</i> 9	50,2	2	2	0
<i>D. edulis</i> 17	82,2	1	1	0
<i>D. edulis</i> 19	108,7	1	1	0
Sous total	902,3	26	26	0
Moyenne	100,3	2,9 ± 1,6	2,9 ± 1,6	0
Plateau				
Total	2196,6	159	111	48
Moyenne	109,8	8,0 ± 7,4	5,6 ± 5,9	2,4 ± 1,2

du plateau. Ces individus sont plus rapprochés les uns les autres et montrent pour les huit premiers cités, des intensités de parasitisme comprises entre 27 et 7 touffes de *Loranthaceae* (Tableau 2).

Discussion

Le taux moyen de parasitisme (34%) obtenu pour *Dacryodes edulis* au plateau de Logbessou est moins important que celui obtenu sur les arbres fruitiers du verger de la Chefferie de Ndogbong (59 %) (5). Ce taux est également moins important que celui de 63% obtenu dans les plantations monogènes d'*Hevea brasiliensis* à Nyetté (4). L'intensité moyenne du parasitisme de *Tapinanthus preussii* est significativement plus faible que celle de *T. ogowensis*. Cette dernière *Loranthaceae* serait plus virulente que la première à l'échelle des observations effectuées. Toutefois, cette intensité moyenne du parasitisme est proportionnelle à la circonférence moyenne des arbres hôtes pour les deux *Loranthaceae* au centre et à la périphérie du plateau (4). Les safoutiers sont d'autant plus parasités qu'ils sont rapprochés les uns des autres

rappelant le parasitisme observé à Nyetté (11). Le parasitisme est d'autant plus sévère que les cultures sont monogènes (13). De plus, l'intensité du parasitisme des safoutiers croît avec l'âge, notamment au centre du plateau.

Deux espèces ligneuses hôtes ont été inventoriées et identifiées au plateau de Logbessou, le manguier et le safoutier ; mais seulement cette dernière, *Dacryodes edulis*, est sensible. Les individus de cette espèce sont parasités par *Tapinanthus ogowensis*, monophage et endémique au plateau de Logbessou et les quartiers environnants mais nulle part ailleurs dans la région littorale dont le chef-lieu est Douala. Cette *Loranthaceae* est parfois associée à *T. preussii* sur les branches de quelques individus hôtes du plateau. Pourtant au Gabon, *T. ogowensis* est ubiquiste et abondante dans la région de l'Estuaire où elle parasite plusieurs hôtes principalement les agrumes, avocats et l'hévéa (7). Le même auteur signale que l'espèce est présente dans les forêts centrafricaines, camerounaises, congolaises de la RDC. Ainsi, l'endémisme et la monophagie précèdent donc l'ubiquité et la polyphagie notamment dans le parasitisme des *Loranthaceae*. Le degré de spécificité d'hôte peut être vu comme un équilibre entre deux directions opposées : l'utilisation maximum d'un hôte rencontré et le meilleur usage de cet hôte. Les *Loranthaceae* parasitent la plupart des ligneux sensibles fréquemment rencontrés (11). Les *Loranthaceae*, notamment les *Tapinanthus* sont incompatibles avec le manguier bien que déposés aussi sur les branches de ce dernier par les disséminateurs aviaires. La compatibilité entre une *Loranthaceae* et une espèce ligneuse hôte prédispose cette hôte au parasitisme (11). Cette assertion semble expliquer le parasitisme monophage et endémique à *Tapinanthus* au plateau de Logbessou, alors que le parasitisme polyphage à *Phragmanthera capitata* est fréquent et répandu dans toute la région littorale où la *Loranthaceae* est ubiquiste. La spécificité de l'hôte doit être vue de façon dynamique. Elle est variable dans le temps et l'espace et dépend des opportunités disponibles (11). Les espèces hôtes pourraient ainsi varier d'un site à un autre. Les différences interspécifiques dans la prévalence des infestations sur les deux espèces résultent probablement des effets combinés du comportement des disséminateurs et de la compatibilité hôte-*Tapinanthus*. Cette dernière est fonction de la susceptibilité au parasitisme et de la capacité au parasitisme de la *Loranthaceae* (16). Si la *Loranthaceae* est physiologiquement, biochimiquement et physiquement compatible à l'hôte, elle aura la chance de germer, de se fixer et

de survivre. Parmi les caractéristiques déterminantes des espèces hôtes, interviennent les disséminateurs aviaires qui ont une influence directe sur la compatibilité hôte-*Loranthaceae*. Ces oiseaux frugivores sont responsables de la distribution spatiale des différentes espèces hôtes rencontrées (16). Le type de fruit consommé et la saison de fructification déterminent les préférences des disséminateurs aviaires (3). Les oiseaux étaient fréquemment rencontrés sur les individus parasités et y passaient plus de temps que sur les individus non parasités (3). Les oiseaux ne visitaient pas les manguiers plus abondants, mais étaient beaucoup plus attirés par les safoutiers déjà parasités et donc possédant des graines de *Tapinanthus* en germination. Le dépôt des graines de *Tapinanthus* sur un safoutier déjà parasité conduirait à une réinfestation. Les safoutiers non parasités étaient fréquentés aussi par les disséminateurs aviaires, d'où l'extension du parasitisme de proche en proche.

Le parasitisme des *Loranthaceae* et les nombreux risques encourus par les planteurs en grimpant sur les safoutiers parasités pour supprimer par élagage les branches attaquées restent leur préoccupation première. Il est donc important de rechercher l'âge à partir duquel les parasites affectent significativement le rendement des safoutiers afin de mieux orienter les méthodes de lutte. Ce parasitisme pourrait également être retardé en procédant au ramassage des graines pré-germées sur les branches et les troncs des arbres hôtes, en période de fructification.

Le foyer du parasitisme semble donc être le centre du plateau, lieu où nichent les disséminateurs aviaires. Un gradient de parasitisme contraire a été établi dans les plantations d'hévéas de Nyetté, c'est-à-dire que les arbres de la périphérie étaient plus parasités que ceux du centre des plantations. Ces auteurs le justifient par le fait que les arbres de la périphérie étaient proches des foyers de parasite constitués par les arbres de la forêt voisine.

Conclusion

Le taux de parasitisme de *Tapinanthus* est de 34% et les safoutiers parasités portent les touffes de *Tapinanthus ogowensis* associées à celles de *T. preussii* au centre du plateau alors qu'à la périphérie, seule la première *Loranthaceae* est présente. Les arbres hôtes sont sensibles spécifiquement au parasitisme par *Tapinanthus* alors que le manguiers semble être résistant. L'endémisme et la monophagie de *T. ogowensis* constituent les premières étapes vers l'ubiquité et la polyphagie plus tardives dans le parasitisme des *Loranthaceae*. La mise en place d'une parcelle permanente pour le suivi de ce parasitisme permettra de le confirmer ou de l'infirmer. L'élagage est la seule méthode de lutte pratiquée par les populations compromettant souvent la régénération et la productivité des arbres fruitiers.

Remerciements

Nous remercions les populations du plateau de Logbessou qui ont mis gracieusement leurs jardins de cases à notre disposition.

Références bibliographiques

- Balle S., 1982, *Loranthacées*. In flore du Cameroun. B Satabié, J F Leroy (éd). Yaoundé Cameroun, 82 p.
- Boussim I.J., 2002, *Les Phanérogames parasites du Burkina Faso: inventaire, taxonomie, écologie et quelques aspects de leur biologie. Cas particulier des Loranthaceae parasites du karité*, Thèse d'État, Université de Ouagadougou, 306 p.
- Carlo T., Collazo J. & Groom M., 2003, Avian fruit preferences across a Puerto Rica forested landscape: pattern consistency and implications for seed removal, *Oecologia*, **134**, 119-131.
- Dibong S.D., Engone Obiang N.L., Din N., Priso R.J., Taffouo V.D., Fankem H., Sallé G. & Amougou A., 2009, Niveau d'infestation des arbres fruitiers des groupements végétaux par *Phragmanthera capitata* (Sprengel) S. Balle (*Loranthaceae*) dans la région littorale du Cameroun, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **2**, 347-354.
- Dibong S. D., Mony R., Ladoh C. F., Boussim I. J. & Amougou A., 2011, Parasitism evolution of *Loranthaceae* in the Ndogbong Chiefdom's orchard (Douala, Cameroon), *Int. J. Plant. Anim. Environ. Sci.*, **1**, 261-269.
- Din N., 2001, *Mangroves du Cameroun : statut écologique et perspectives de gestion durable*. Thèse d'État, Université de Yaoundé I, 286 p.
- Engone Obiang N.L., 2006, *Biologie et écologie des Loranthaceae parasites au Gabon. Impact de Phragmanthera capitata sur la productivité des hévéas*. Thèse de doctorat, Univ. De Pierre et Marie Curie, Paris VI. 190 p.
- Kengue, J. 2002, *Safou (Dacryodes edulis (G. Don) H. J. Lam)*, International centre for under utilised crops, Southampton, UK. 147 p.
- Isseri F. & Temple L., 2002, *Quantification de la production et analyse du marché du safou au Cameroun*, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 418-429.
- Polhill R. & Wiens D. W., 1998, *Mistletoes of Africa*. The Royal Botanic Gardens Kew: Richmond-Surrey, UK.
- Roxburgh, L. & Nicolson W., 2005, Patterns of host use in two African Mistletoes: the importance of Mistletoe-host compatibility and avian disperser behaviour. *Ecological Society, Funct. Eco.*, **19**, 865-873.
- Sonké B., Kenfack D. & Tindo M., 2000, Parasitisme de

- l'avocatier (*Persea americana*, Lauraceae) par les *Loranthaceae* dans la région de Yaoundé (Cameroun), *Fruits*, **55**, 311-325.
13. Soro K., Soro D., N'Guessan K., Gnahoua G. M. & Traoré D., 2010, Parasitisme des *Loranthaceae* sur les hévéas en zone forestière des sous-préfectures de Gagnoa et d'Ourahio, en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.*, **1**, 597-604.
14. Tabuna H., 2002, *Stratégies de développement du marché du safou (Dacryodes edulis) en Europe*, Actes du 3^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 449-463.
15. Tchotsoua M. & Mapongmetsem P.M., 1998, *Le safoutier (Dacryodes edulis): zones écologiques et production des fruits au Cameroun*, Actes du 2^{ème} Séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels, Presses Universitaires d'Afrique, 261-272.
16. Yan Z., 1993, Germination and seedling development of two Mistletoes, *Amyema preussii* and *Lysiana exocarpi*: host specificity and Mistletoe-host compatibility, *Aust. J. Ecol.*, **18**, 419-429.

R. Mony, Camérounaise, Doctorat, Chargé de Cours, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Animales, Yaoundé, Cameroun.

M. Tchatat, Camerounais, Ph.D, Maître de Recherche, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Nkolbisson, Yaoundé, Cameroun.

F. Massako, Camerounais, Doctorant, Université de Douala, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes Végétaux, Douala, Cameroun.

D.S. Dibong, Camerounais, Ph.D, Maître de conférences, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Animales, Institut des Sciences Halieutiques, Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et de Sciences Pharmaceutiques, Douala, Cameroun.

Economic Efficiency of Artisanal Fishing Households under Oil Pollution Environment in the Niger Delta Region of Nigeria

T.M. Gbigbi¹ & A.A. Enete^{1*}

Keywords: Economic efficiency- Oil exploitation- Artisanal fishing households- Stochastic frontier cost function- Nigeria

Summary

Fish supplies more than 87% of the animal protein in Nigeria, and more than 90% of coastal communities depend solely on fishing and fisheries related activities for their survival. Available information however, shows that Nigeria's inland water bodies are producing less than 13% of their estimated fishery potential. And domestic demand for fish has never been met by dependence on output from available aquatic sources. Nigeria therefore imports over US\$ 200 million worth of frozen fish per annum. The capacity of artisanal fisheries to play its role of bridging this food gap, providing employment and generating income, particularly for the coastal communities in Nigeria, will largely depend on the adoption of appropriate management strategies that will ensure efficiency and sustainability given their debilitating oil pollution environment. This study employed a Cobb- Douglas stochastic frontier cost function to measure the level of economic efficiency and its determinants among these households. A multi-stage random sampling technique was used to select 160 respondents from whom input-output data, prices and socioeconomic characteristics were obtained. The results of the analysis showed that individual levels of economic efficiency ranged from 0.10 - 0.96 with a mean of 0.68. While age, household size and number of fishing trips made in a week decreased, access to credit, membership of co-operative society, and oil spill increased, significantly, the respondents' level of economic inefficiency. These observations particularly suggest that the farmers were yet to harness the potentials of farm credit and membership of cooperative societies in their farm business, perhaps as a result of poverty. We recommend training workshops and seminars to remedy this. There is also the need for policies that could compel oil companies to minimize oil spill within the farmers' fishing environment. The adverse effects of oil spill on the environment and the economic

politics of forcing oil companies to deal with it are global problems that the international community could assist poorer nations find ways out of it.

Résumé

Efficacité économique des ménages de pêcheurs artisanaux soumis à la pollution de l'environnement par les hydrocarbures dans la région du Delta du fleuve Niger au Nigeria

Les poissons fournissent plus de 87% des protéines animales au Nigeria, et plus de 90% des communautés côtières dépendent uniquement, pour leur survie, des activités de pêche. Les informations disponibles montrent, cependant, que les masses d'eau intérieures du Nigeria produisent moins de 13% de leur potentiel de pêche et que la demande intérieure en poissons n'a jamais été atteinte. Le Nigeria dépense plus de 200 millions de dollars US par an pour l'importation de poissons congelés. La capacité de la pêche artisanale peut jouer un rôle afin de combler ce déficit alimentaire, pour créer des emplois et pour générer des revenus pour les communautés côtières du Nigeria. La concrétisation de ce potentiel dépendra en grande partie de l'adoption des stratégies de gestion appropriées afin d'assurer l'efficacité et la durabilité dans une région polluée par les hydrocarbures. Cette étude a utilisé le modèle de la frontière de coût stochastique (fonction Cobb-Douglas) pour mesurer le niveau d'efficacité économique et ses déterminants parmi les ménages. Une technique d'échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisée pour sélectionner 160 répondants. Les variables étudiées concernent des entrée-sortie, des prix et des caractéristiques socio-économiques. Les résultats ont montré que les niveaux individuels de l'efficacité économique variaient de 0,10 à 0,96 avec une moyenne de 0,68. Bien que l'âge, la taille du ménage et le nombre de sorties de pêche effectuées dans une

¹ University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, Nsukka, Nigeria

* Corresponding author: email : anselmenete@hotmail.com, eneteanselm@yahoo.com, anselm.enete@unn.edu.ng.

semaine ont diminué; l'accès au crédit, l'adhésion aux coopératives et le déversement de pétrole ont augmenté le niveau d'inefficacité économique de manière significative. Ces observations suggèrent notamment que les agriculteurs devraient exploiter les potentiels d'accès au crédit agricole et former des coopératives. Les auteurs recommandent des ateliers et des séminaires de formation. L'intervention des autorités politiques pour contraindre les compagnies pétrolières à réduire le

déversement de pétrole dans les zones de pêche artisanale est incontournable. Les effets néfastes du déversement d'hydrocarbures dans l'environnement et le développement d'une politique économique sensibilisant les compagnies pétrolières à ce problème sont des défis mondiaux que la communauté internationale pourrait relever pour aider les pays pauvres à trouver des moyens afin de lutter contre cette pollution.

Introduction

Agriculture is the major economic activity, accounting for about 90% all such activities, in the Niger Delta region of Nigeria (15). In this regards, fisheries resources represent the foci of livelihood activities in the region. Fish supplies more than 87% of the animal protein in Nigeria, and more than 90% of coastal communities depend solely on fishing and fisheries related activities for their survival (13). Artisanal fisheries are however, fast depleting (25) in Nigeria. Available statistics show that Nigeria's inland water bodies are producing less than 13% of their estimated fishery potential (36). And it is obvious that domestic demand for fish in Nigeria has never been met by dependence on output from available aquatic sources. The annual economic report by Central Bank of Nigeria shows that, Nigeria imports over US\$ 200 million worth of frozen fish per annum to offset the gap in the domestic demand (10).

One of the major factors responsible for the declining supply of fish, from capture fisheries is oil spills. Oil exploitation in Nigeria has, no doubt, contributed enormously to the country's economic growth, but it has also left profound adverse impact on the natural environment. When oil spills occur, they cover the surface of the water. This reduces oxygen exchange thereby causing death of fishes because the oil coats the gills of the fishes preventing them from inhaling oxygen. In the same vein, oil spills endanger fish hatcheries in coastal waters, and contaminate commercially valuable fish. Also, oil slicks prevent sunlight from reaching deeper levels of water where coral life thrives, thus limiting food production by plants (photosynthesis). Hence, it brings a set-back to households whose main source of survival is fishing and consequently a decrease in their income earning capacity, exacerbating hunger and poverty among them. This has also increased the spread of different types of diseases among the fishers and their household such as conjunctivitis, cholera, dysentery etc. Inoni and Oyaide (22) noted that oil spillage is one of the

more pervading dynamic forces modifying the farm production relationship through its effect on the structure and income of producing households; it alters the structure of the agricultural production process by affecting the physical and value productivities of farm inputs. Aghalino (4) observed that the impacts of oil exploitation on the oil-producing communities are three fold: first, it leads to environmental pollution, second, it destroys the ecosystem and the ways of life of the households; and third, it impoverishes the oil producing communities. And oil spill incidents have occurred in various parts and at different times along the Nigerian coastal waters. Between 1976 and 2005, 7,619 incidents resulted in the spilling of approximately 2,748,307.9 barrels of oil into the environment.

In addition, there is the issue of labour migration. As intensive oil exploitation activities take place, the issue of having enough labour for fishing becomes a problem in the area as many rural dwellers now prefer working as temporary staff in oil related contracting firms around the villages instead of fishing. This has led to labour shortages for many fishing operations and has resultantly caused fish shortage.

However, as fishing activities remain low largely because of the foregoing, production costs remain unacceptably high (26), perhaps because of production inefficiencies. The capacity of artisanal fisheries to play its triple role of food supplier, employment provider and income earner for the coastal communities in the Niger Delta will therefore depend on the adoption of appropriate management strategies that will ensure their efficiency and sustainability in the face of intensive oil exploitation activities. Ajibefun and Aderinola (6) reported that efficiency of production is central to raising production and productivity of the African agriculture. This paper examines the economic efficiency of artisanal fishing households under oil pollution environment in the Niger Delta area of Nigeria. Several studies have reported efficiency

estimates, especially among small holders farmers (6; 30; 20) but little or no empirical studies exist on the economic efficiency of artisanal fishing households in the oil producing communities. The paper is guided by the null hypothesis that artisanal fishing households in the Niger Delta region of Nigeria are economically efficient.

Materials and Methods

The study area is Niger Delta Region of Nigeria. The region spreads across nine States in Nigeria: Abia, Akwa Ibom, Bayelsa, Cross Rivers, Delta, Edo, Imo, Ondo and Rivers. It covers an area of about 70,000km² and has a population of 31,277,901 (Federal Republic of Nigeria Official Gazette, 2007). The Niger Delta Region is a highly petroliferous basin that situates at the mouth of River Niger bordering the Atlantic Ocean. It lies between latitudes 4°31' and 5°30' North and longitude 7°35' and 8°51' East (37).

Two States namely Delta and Bayelsa States were purposively selected for the study because they are home to several oil producing communities and also are leading sources of on-shore and offshore oil production activities. In addition, the two states have had cases of incessant oil spillage. Other reasons for choosing the two states are that they are largely riverine and are rich in fish stocks that support artisanal fishing activities. Two Local Government Areas were also purposively selected from each of the two states, based on predominance of fishing and oil exploitation activities; giving a total of four Local Government Areas. The Local Government Areas were Burutu and Ughelli north in Delta State, Ekeremor, and Southern Ijaw in Bayelsa State. Five communities each, that have suffered oil spillages between 2000 and 2010, were selected from the four Local Government Areas, giving 20 Communities for the study. From a list of artisanal fishing households, provided, for each community, by the state agricultural development project, eight households were randomly selected, giving 80 per state and 160 households for the study.

Data for the study were collected using a well structured questionnaire. The questionnaire was administered to the selected households with the help of trained enumerators. The survey was conducted between September, 2011 and March, 2012.

Estimation Procedure

The stochastic frontier production model was used for the analysis. It represents an improvement over the traditional average production function and over

the deterministic functions, which use mathematical programming to construct production frontiers. The notion of deterministic frontiers shared by all firms ignore the possibility that a firm's performance may be affected by factors entirely outside its control such as bad weather and input supply breakdowns as well as by factors under its control (i.e. technical inefficiency). To lump up the effects of exogenous shocks, both favourable and unfavourable, together with the effects of measurement errors and inefficiency into a single one-sided error term, and to label the mixture inefficiency is a problem with the deterministic frontiers.

According to Forsund, Lovell and Schmidt (18) this conclusion is reinforced if one considers also the statistical noise inherent with every empirical interpretation such as measurement errors in the dependent variables and incomplete specification of the equation. Both of these arguments hold just as well for production functions as for any other kind of equation, and it may not be good not to distinguish this noise from inefficiency, or to assume that noise is one-sided. These arguments lie behind the stochastic frontier (also called composed error) model developed independently by Aigner, Lovell and Schmidt (5) and Meeusen and Van den Broeck (27). The essential idea behind the stochastic frontier model is that error term is composed of two parts. A symmetric component which permits random variation of the frontier across firms, and the other component which captures the effect of measurement errors, other statistical noise and random shocks outside the firm's control. A one-sided component only captures the effects of inefficiency relative to the stochastic frontier. The variant of the stochastic frontier production model that was used in this study is based on the one proposed by Battese and Coelli (12) in which the stochastic frontier specification incorporates models for the technical inefficiency effects and simultaneously estimate all the parameters involved in the production and cost function models. This is specified by equation I:

$$Y_i = f(X_i \beta) + \varepsilon_i \quad I$$

Where Y_i measure the quantity of output; X_i is a vector of the input quantities; β is a vector of parameters to be estimated; $f(X\beta)$ is a frontier production function; and ε_i is a composite error term (5). Following Aigner *et al.* (5) the composite error term is given by equation II;

$$\varepsilon_i = v_i - \mu_i \quad II$$

Where is v_i a random error, assumed to be independently and identically distributed as

$v \sim N(0, \sigma^2 v)$. It represents random variability in production that cannot be influenced by the producing households. μ is a non-negative random variable associated with technical inefficiency in production that is identically and independently distributed as $\mu \sim N(0, \sigma^2 \mu^2)$.

The frontier production function $f(X_i; B)$ measures the maximum potential output for a given input vector, X_i . Both v_i and μ_i cause actual production to deviate from the frontier.

Using a Cobb-Douglas functional specification to model artisanal fish production technology, the frontier production function in equation (1) is estimated using maximum likelihood estimation procedures which provides estimators for β and variance parameters, $\sigma^2 = \sigma^2 v + \sigma^2 \mu$ and $\gamma = \sigma^2 \mu / \sigma^2$. To empirically measure efficiency, deviations from the frontier are separated into a random (v) and an inefficiency (μ) component. Following Jondrow *et al* (24) and given the distribution and independence assumptions on v_i and μ_i in addition to the fitted values of ε_i the conditional mean of μ can be estimated by equation III:

$$E\left(\frac{\mu_i}{\varepsilon_i}\right) = \alpha \left[\frac{f^* \left(\frac{\lambda \varepsilon_i}{\sigma} \right)}{1 - F^* \left(\frac{\lambda \varepsilon_i}{\sigma} \right)} - \frac{(\lambda \varepsilon_i)}{\sigma} \right] \quad \text{III}$$

where $\sigma^2 = \sigma^2 \mu \sigma^2 v / \sigma^2 f^*$ is the standard normal density function and F^* is the distribution function, both functions being evaluated at $\lambda \varepsilon_i / \sigma$. From this calculation, estimates of v and μ may be determined.

According to Bravo-Ureta *et al.* (9), the i th artisanal household efficiency is measured using adjusted output. This output is derived by subtracting the random error v_i from both sides of equation (1).

Thus (Equation IV):

$$Y_i = f(X_i; \beta) - \mu_i = Y - v_i \quad \text{IV}$$

where Y_i^* is the adjusted output of the i th artisanal household; and μ_i is obtained from equation (3). Adjusted output Y_i^* is then used to derive the i th artisanal household technically efficient input vector X_{ie} by simultaneously solving equation (IV) and the observed input ratios $X_{i1}/X_{i2} = K_i$ ($V > 1$), where K_i is equal to the observed ratio of the two inputs in the production of Y_i^* . Given the assumption of Cobb-Douglas technology, the frontier production function is self-dual (33). The dual cost frontier can be

derived analytically from the production function in equation V thus:

$$C_i = h(P_i, Y_i; \phi) \quad \text{V}$$

Where C_i is the minimum cost of the i th artisanal household associated with output Y_i^* , P_i is a vector of input prices for the i th artisanal household and is a ϕ vector of parameters to be estimated. The economically efficient input vector for i th artisanal household, X_{ie} , is derived by applying Shephard's (34) procedure and substituting the artisanal household's input price and adjusted output levels into the derived system of input demand equations given by equation VI:

$$\frac{dC_i}{dP_k} = X_{ie}(P_i, Y; \phi) \quad \text{VI}$$

Where ϕ is a vector of estimated parameters. The observed and economically efficient costs of production of the i th artisanal household are equal to $\sum X_i P_i$ and $\sum X_{ie} P_i$ and, respectively. These cost measures are used to compute the economic (EE) efficiency index for i th artisanal household as indicated in equation VII;

$$E E_i = \frac{\sum X_{ie} P_i}{\sum X_i P_i} \quad \text{VII}$$

The Cobb-Douglas cost frontier function, which is the basis of estimating the allocative efficiencies of the artisanal household, was employed to estimate the farm level overall economic efficiency. It is specified explicitly as:

$$\ln TC = W_0 + W_1 \ln PX_1 + W_2 \ln PX_2 + W_3 \ln PX_3 + W_4 \ln PX_4 + W_5 \ln X_5 \quad \text{----- (1)}$$

Where Ln denotes logarithm to base e

TC= Total production cost (₦) pa

W_0 = regression constant

W_1 - W_5 = vector of unknown parameters to be estimated

X_1 - X_5 = Vector of input variables in the model

P= vector of input prices

PX= wage rate

PX₂= cost of fuel and lubricant/pa

PX₃= cost of fishing baits/pa

PX₄= depreciation of capital inputs/pa

X_5 = output of fish (kg)/pa

The corresponding inefficiency effects model, which was simultaneously realized with the stochastic frontier model through maximum likelihood estimation (MLE) (12) is stated explicitly as:

Economic inefficiency Effects Model

$$U_i = \delta_0 + \delta_1 Z_1 + \delta_2 Z_2 + \delta_3 Z_3 + \delta_4 Z_4 + \delta_5 Z_5 + \delta_6 Z_6 + \delta_7 Z_7 + \delta_8 Z_8 + \delta_9 Z_9 + \delta_{10} Z_{10} + \delta_{11} Z_{11} + \delta_{12} Z_{12} + \varepsilon_i \dots \dots \dots (2)$$

Where:

δ_{is} are the parameter estimates.

Z_1 = age of household head (years)

Z_2 = household size

Z_3 = fishing distance (km)

Z_4 = level of formal education of household head (years)

Z_5 = access to credit (access=1, otherwise= 0)

Z_6 = gender (male= 1, otherwise= 0)

Z_7 = membership of co-operative society (membership= 1, otherwise= 0)

Z_8 = fishing experience of household head (years)

Z_9 = extension contact (number of visits in a year)

Z_{10} = number of fishing trips per week

Z_{11} = type of fishing craft (motorized canoe/boat= 1, non-motorized canoe/boat= 0)

Z_{12} = oil spill (oil spill= 1, no oil spill= 0)

Results and Discussion

Estimation of Economic Efficiency

The frequency distribution of economic efficiency estimates is presented in table 1. The table indicates that the artisanal household efficiency ranged from 0.10 to 0.96; the mean economic efficiency was 0.68. This indicates that the average fishing household in the study area would enjoy a cost saving of about 29.17 (1-0.68/0.96) percent if he or she attains the level of the most efficient household. The most economically inefficient respondent will have an efficiency gain of 89.6 (1-0.10/0.96) percent in fish production if he or she is to attain the efficiency level of the most economically efficient.

Table 1
Frequency Distribution of Economic Efficiency Indices.

Economic Efficiency Index	Frequency	Percentage
≤0.50	28	17.5
0.51-0.60	6	3.75
0.61-0.70	17	10.63
0.71-0.80	25	15.63
0.81-0.90	62	38.75
0.91-1.00	22	13.75
Total	160	100
Maximum Economic Efficiency	0.96	
Minimum Economic Efficiency	0.10	
Mean Economic Efficiency	0.68	

Source: Field survey data, 2011

Estimation of Cost Function

The Maximum Likelihood (ML) estimates of the stochastic frontier and cost function are presented in Table 2. For the cost function, the sigma ($\sigma^2=0.92$) and the gamma ($\gamma=0.97$) are quite high and significant at 5% and 1% level of probability respectively. The high and significant value of σ^2 indicates the goodness of fit and correctness of the specified assumption of composite error terms. The gamma shows that 97% of the variability in the output of artisanal households that are unexplained by the function is due to economic inefficiency.

The coefficients of wage rate, price of baits and output (adjusted for statistical noise), all had direct relationships with the total cost of production as expected and were highly significant at 1% level of probability. This implies that any increase in any of these variables would lead to an increase in total cost of production. The coefficients of price of fuel and lubricants and depreciation of capital inputs were also positively signed but not significant.

Wage rate was positively signed probably because labour had become costly perhaps because of the earlier stated general preference for working as temporary staff in oil firms by members of oil producing communities. A unit increase in output would lead to a 1.7% increase in cost. This is in line with a priori expectations that households incur higher costs as they produce more (7).

Sources of Economic inefficiency

Table 2 also shows the results of the factors influencing economic inefficiency of the artisanal households. The estimated negative coefficient for

age of household head means that older heads of households tended to have smaller economic inefficiencies than younger ones, *ceteris paribus*. A one percent increase in age of household head will reduce economic inefficiency by 9.9522%. This goes against similar results by Idiong (19), who noted that age of household head was directly related with economic inefficiency through misallocation of resources and conservatism. However, it may be that older heads of households are able to take healthier production decisions than younger ones because of their wealth of experience in artisanal fishing (14).

Household size was negatively signed and significant at 5% level of probability. This implies that larger households were more economically efficient than smaller ones. This disagrees with the findings of Sesabo and Tol (32) who reported that households with larger sizes tended to be less

efficient than those with smaller sizes. It is possible that large households have readily available labour for fishing than those with small sizes. Our earlier explanation regarding wage rate and labour migration refers.

The coefficients of access to credit and membership of cooperative societies were positively signed and significant at 5% level of probability. This implies that households who had access to credit and belong to cooperative societies were economically less efficient than their counterparts who had no access to credit and do not belong to any form of social organization. This could be because those who had access to credit may have diverted the credit to other uses than artisanal fishing. Loan diversion, perhaps to school fees, is generally a common phenomenon among farm households in Africa, essentially because of poverty. Similar result was reported by Okoye *et al*

Table 2
Estimated Stochastic Frontier Cost Function for Artisanal Households in the Niger Delta Region, Nigeria.

Production Factors	Parameter	Coefficient	Standard Error	t-value
Constant Term	W_{0w0}	0.9246	0.4270	2.1650**
Wage rate	W_{1w1}	0.3154	0.0628	5.0236***
Price of fuel and Lubricants	W_{2w2}	0.0126	0.0607	0.2076
Price of Baits	W_{3w3}	0.4586	0.0646	7.0943***
Depreciation on capital inputs	W_{4w4}	0.0883	0.0575	15.371
Output (Y^*)	W_{5w5}	17.023	0.2909	5.8507***
Inefficiency Factors				
Constant	Z_{0z0}	40.140	12.507	3.2093***
Age	Z_{1z1}	-0.0222	0.0022	-9.9522***
Household Size	Z_{2z2}	-0.0166	0.0063	-2.6454**
Fishing Distance	Z_{3z3}	-0.0364	0.0261	-13.925
Education	Z_{4z4}	0.2305	0.1855	12.425
Access to Credit	Z_{5z5}	0.5835	0.2838	2.0557**
Gender	Z_{6z6}	-0.0461	0.3799	-0.1212
Membership of Cooperative Societies	Z_{7z7}	12.389	0.4968	2.4937**
Fishing Experience	Z_8	-0.0241	0.0264	0.9099
Extension contact	Z_9	0.3084	0.2277	13.537
Number of Trips	Z_{10}	-13.979	0.4470	3.1227***
Type of fishing Craft	Z_{11}	-29.472	19.906	-14.805
Oil spill	Z_{12}	0.8295	0.1363	6.0868***
Diagnostic statistics				
Log – likelihood function		-5.422.423		
Total Variance (Sigma squared)	(σ)	0.9212	0.3466	2.6578**
Variance Ratio (Gamma)	(γ)	0.9675	0.0146	66.1242***
LR Test		906.453		

*, ** and *** Significant at 10%, 5% and 1% respectively

Source: Field survey data, 2011

Table 3

Generalized likelihood ratio test of hypothesis for the parameters of the stochastic frontier production for artisanal fishing households.

Null hypothesis	X ² statistics	Critical value	Decision
(1) Ho :g = d ₁ = ... = d ₁₂ = 0 Artisanal households were economically efficient (no inefficient effects)	95.43	12.08	Reject Ho
(2) Ho :g = 0 (the explanatory variables in inefficiency model are simultaneously equal to zero)	55.70	9.06	Reject Ho

Critical value is at 5% level. The critical values are in Kodde and Palm (1986)

(31) among cocoyam farmers in Anambra State, Nigeria. In addition, membership of social organization does not always translate to enhanced fortunes especially with respect to individual members' productive activities because the extent of benefits from such organizations most often depend on the level of contribution by members.

The coefficient of number of fishing trips was negatively signed and highly significant at 1% level of probability. This suggests that the higher the number of fishing trips made, the lower the level of economic inefficiency of the households. This is in agreement with a priori expectations probably because, as the frequency of trips increase, better knowledge of the fishing area also increase which could lead to a more cost effective utilization of inputs.

The coefficients of fishing distance, gender, fishing experience and type of fishing craft used were negatively, while education and extension contact were positively, signed but none was statistically significant. The coefficient of oil spill was however, positively signed and highly significant at 1% level of probability. This implies that any increase in oil spill will lead to a corresponding increase in economic inefficiency of the households. The result is not unexpected because of the adverse effects of oil exploitation on the fishing activities of the households as earlier discussed.

Test of Hypothesis

The null hypothesis specified implies that inefficiency effects are absent and the variables included in the inefficiency effect model, have no effect on the level of economic efficiency. The chi-square test score of 95.43 was found to be greater than the critical value of 12.08 (table 3). This null hypothesis is therefore rejected, showing that the joint effect of these variables on economic

efficiency is statistically significant. A corollary of the null hypothesis, which is that the explanatory variables in the economic inefficiency model are not stochastic, was also rejected. The chi-square test score of 55.70 was found to be greater than the critical value of 9.06. Therefore, the artisanal fishing households were not economically efficient, there were inefficiency effects. Thus, it can be concluded that the explanatory variables in the model do contribute significantly to the explanation of economic inefficiency of the respondents.

Conclusion

The study investigated the economic efficiency of artisanal fishing households in the Niger Delta region of Nigeria under oil spill environment. The study indicated that the respondents were not generally economically efficient, perhaps principally because of oil pollution. Individual levels of economic efficiencies range between 0.10 - 0.96 with a mean of 0.68, which reveal substantial economic inefficiencies hence considerable potential for enhanced profitability by reducing cost through improved efficiency. By operating at full economic efficiency levels, on average, the households would be able to reduce their cost by 29.17%. The variables age, household size and number of fishing trips made per week, all decreased the artisanal households' economic inefficiency and invariably increased their efficiencies, while access to credit, membership of co-operative society, and oil spill increased their economic inefficiencies. These observations particularly suggest that the farmers are yet to harness the potentials of farm credit and membership of cooperative societies in their farm business. This could be corrected through training and workshops for the farmers. There is also the need for policies that could compel oil companies to minimize oil spill in the farmers' fishing environment.

Literature

1. Abowei J.F.N., Akankali J.A., Tawari C.C. & George A.D.I., 2008. A review of conservation and management of fisheries resources; Niger Delta, Nigeria. *J. Aqua. Environ. Stud. Rev.*, **1**, 1-35.
2. Adebowale Y., 1996, *Oil woes: A four-year record of fuel scarcity shows a worsening crisis in Nigeria*. Newswatch Magazine p 10.
3. Adegeye A.J. & Dittoh J.S., 1985, *Essential of agricultural economics*. Impact publishers Nigeria Ltd, Ibadan.
4. Aghalino S.O., 1998, *Oil and gas exploration and production in the Isoko Urhobo area of Delta State, Nigeria, 1958-1995*. Ph.D Thesis, Unpublished, Ilorin: University of Ilorin.
5. Aigner D., Lovell C.A.K. & Schmidt P., 1977, Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J. Econometrics*, **6**, 21-37.
6. Ajibefun I.A. & Aderinola E.A., 2003, *Determinants of technical efficiency and policy implication in traditional agricultural production: empirical study of Nigerian food crop farmers*. Final report presentation at bi-annual research workshop of African economic research consortium. Nairobi, Kenya May 24th-29th.
7. Amaefula A., 2007, *Evaluation of technical, allocative and economic efficiency in fish production in Delta State Nigeria*. An M.Sc Thesis submitted to the dept. of agricultural economics, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike.
8. Battese G.E.; & Coelli T.J., 1995c, A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontiers production function for panel data. *Empirical Econ.*, **20**, 325-332.
9. Bravo-Ureta B.E. & Pinheiro A.E., 1997, Technical, economic and allocative efficiency in peasant farming: evidence from the Dominican Republic. *Developing Econ.*, **35**, 1, 48-67.
10. Central Bank of Nigeria [CBN] (2006). *Annual report and statement of account of Central Bank of Nigeria* for the year ended 31st December, 2005.
11. Chindah A.C. & Braide S.A., 2000, *The impact of oil spills on the ecology and economy of the Niger Delta*. In proceedings of the workshop on sustainable remediation development technology held at the institute of pollution studies, Rivers State University of Science and Technology, Port Harcourt.
12. Coelli T.J. 1996, *A guide to frontier version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation*. CEPA working paper No. 7/96. Armidale: department of econometrics, University of New England.
13. Davies R.M., 2005, *Development of appropriate technology of fish processing in Nigeria*. A paper presented at a one-day workshop on intensive fish farming on Thursday, 24th February 2005.
14. Enete A.A., Nweke F.I., E. Tollens, 2002. Determinants of Cassava Cash Income in Female Headed Households of Africa. *Q. J. Int. Agric.*, **41**, 3, 241-254
15. Federal Office of Statistics [FOS] (1995). *Annual abstract of statistics*, pp 343.
16. Federal Republic of Nigeria Official Gazette, 2007, N^o24, vol **94**, Government notice N^o 21, Lagos.
17. Food and Agriculture Organization (FAO), 1995, *Agricultural development of Nigeria (1985-1990)*, P.10. FAO Rome, N^o 37.
18. Forsund F.R., Lovell C.A.K. & Schmidt P., 1980, A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *J. Econometrics*, **13**, 5-25.
19. Idiong I.C., 2005, *Evaluation of technical, allocative and economic efficiencies in rice production systems in Cross River State, Nigeria*. An unpublished Ph.D Thesis, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike, Nigeria.
20. Ike P.C. & Inoni O.E., 2006, Determinants of yam production and economic efficiency among smallholder farmers in southeastern Nigeria. *J. Cent. Eur. Agric.*, **7**, 2, 337-342.
21. Inoni O. E., Omotor D.G. & Adun F.N., 2006, The effect of oil spillage on crop yield and farm income in Delta State, Nigeria. *J. Cent. Eur. Agric.*, **7**, 1, 41-48.
22. Inoni O.E., & Oyaide W.J., 2007, Socio-economic analysis of artisanal fishing in the south agroecological zone of Delta State, Nigeria. *Agric. Trop. Subtrop.*, **40**, 4, 135-149.
23. Ite E.U., 2007, Changing times and strategies: Shell's contribution to sustainable community development in the Niger Delta, Nigeria. *Sustainable Dev.*, **15**, 1, 1-14.
24. Jondrow J.C., Lovell A.K., Materov I.S. & Schmidt P., 1982, On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *J. Econometrics*, **19**, 233-238.
25. Kapadia F., 2002, International centre for living aquatic resources management, NAGA, the ICLARM. *Quarterly*, **22**, 2, 29-31.
26. Maduagwu A., 2000, Alleviating poverty in Nigeria: *Afr. Econ. Anal. Publ.*, **23**, 2, 34-41.
27. Meeseum W. & Van den Broeck J., 1977, Efficiency estimation for Cobb-Douglas production functions with composed error. *Int. Econ. Rev.*, **18**, 435- 444.
28. Niger Delta Environmental Survey, 1997, *Environmental and socio-economic characteristics*. Environmental resources manager limited, 2 Lalupon Close S.W. Ikoyi, Lagos.
29. Nwilo P.C. & Badejo O.T., 2005, *Oil spill problems and management in the Niger Delta*. International oil spill conference, Miami, Florida, USA.
30. Ogundari K. & Ojo S.O., 2009, An examination of income generation potential of aquaculture farms in alleviating households poverty: estimation and policy implications from Nigeria. *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.*, **9**, 39-45.
31. Okoye, B.C, C.E. Onyenweaku, & G.N. Asumugha (2007). Allocative efficiency of small-holder cocoyam farmers in Anambra State, Nigeria. *Niger. Agric. J.*, **38**, 70-81.
32. Sesabo J.K. & Tol R.S.J., 2005, *Technical efficiency and small scale fishing households in Tanzanian coastal villages: An empirical analysis*, FNU-95 submitted to research unit sustainability and global change, Hamburg University and centre for marine and atmospheric science.
33. Sharma K.R.P., Leung P. & Zaleski H.M., 1999, Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii. a comparison of parametric and non parametric approaches. *Agric. Econ.*, **20**, 23-35.
34. Shephard R.W., 1970, *Theory of cost and production function New Jersey*. Princeton University.
35. SNAR, 2006, Shell Nigeria annual report.
36. Sule A.M., Ogunwale S.A. & Atala T.K., 2002, Factors affecting adoption of fishing entrepreneurs in Jebba Lake communities. *J. Agric. Extension*, **6**.
37. Uwatt U.B., 2000, Impact of new technology on agricultural production; a case of small farmers in Akwa Ibom State of Nigeria. *Int. J. Social Sc.*, **1**, 75-76.

T.M. Gbigbi, Nigerian, PhD student, Assistant Chief Agric Officer at the Department of Agricultural services, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Asaba, Delta State, Nigeria ; and Assistant, University of Nigeria, at the Department of Agricultural Economics, Nsukka, Nigeria.

A.A. Enete, Nigerian, Senior Lecturer, University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, Nsukka, Nigeria.

Effet du mode de conservation de l'huile de *Jatropha curcas* L. sur son efficacité dans la lutte contre les principaux insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. au Niger

Z. Abdoul Habou^{1,4}, T. Adam³, G. Mergeai², E. Haubruge¹ & F.J. Verheggen^{1*}

Key words: Conservation- Oil- *Jatropha curcas*- Insect pests- Cowpea- Insecticidal effect- Niger

Résumé

L'huile de *Jatropha curcas* possède une activité insecticide mise à profit par les agriculteurs nigériens. Dans cette étude, nous avons comparé l'activité insecticide de deux lots d'huile conservés pendant 70 jours, l'un exposé à la lumière et l'autre conservée à l'obscurité. L'effet insecticide a été évalué dans un essai au champ avec trois concentrations (5, 10 et 15%) sur les principaux ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) et au laboratoire sur *Megalurothrips sjostedti* Trybon (Thysanoptère: Thripidae) à différentes doses d'huile brute (50, 100, 150 et 200 µl). Aucune différence d'effet insecticide n'a été mise en évidence entre les deux modes de conservation de l'huile, tant au laboratoire qu'au champ. Au champ, que soit le mode de conservation, les concentrations de 10% d'huile de *J. curcas* permettent une réduction de plus de 80% des populations de thrips, pucerons, et punaises par rapport au témoin. Elles ont aussi permis, une augmentation de rendement en graines de 50%. La concentration de 15% donne un effet insecticide comparable à celui du produit de référence (deltaméthrine) mais induit des symptômes de phyto-toxicité sur les feuilles du niébé.

Summary

Influence of the Conservation Mode of *Jatropha curcas* L. oil on its Efficacy in the Control of Major Insect Pests of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in Niger

Jatropha curcas oil has an insecticidal activity harnessed by the farmers in Niger. In this study, we compared the insecticidal activity of two batches of oil conserved during 70 days, one exposed to light and the other kept in the dark. The insecticidal efficacy was evaluated in a field with three concentrations (5, 10 and 15%) trial on the main pests of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and in a laboratory test on *Megalurothrips sjostedti* Trybon (Thysanoptera: Thripidae) with different concentrations of crude oil (50; 100; 150 and 200 µl). No difference in insecticidal effect was found between the two modes of oil conservation, both in the laboratory and in the field. In the field, regardless of the mode of conservation, the concentrations of 10% of *J. curcas* oil enables a reduction of over than 80% of thrips, aphids, and bugs compared to the control. Its increased seeds yield more than 50%. The concentration of 15% gives an insecticidal effect comparable to that of the reference treatment (deltaméthrine) but induces phytotoxicity symptoms on the leaves of Cowpea.

Introduction

Jatropha curcas L. est un arbuste de la famille des Euphorbiacées originaire d'Amérique centrale. Le genre *Jatropha* est largement distribué dans les pays tropicaux (8). Les graines de *J. curcas* sont riches en huile utilisée comme biocarburant, ce qui

rend cette plante importante dans les perspectives de recherche d'énergies renouvelables. Outre son utilisation comme agrocaburant, l'huile de *Jatropha* peut également être employée comme bio-pesticide (12). L'effet insecticide de l'huile de *J. curcas* a été démontré sur des insectes nuisibles du cotonnier

1 Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

2 Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Phytotechnie de régions Tempérées et tropicales, Gembloux, Belgique.

3 Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, Niamey, Niger.

4 Institut national de recherche agronomique du Niger, Niamey/, Niger.

*Auteur correspondant : email : fverheggen@ulg.ac.be

(12), des foreurs de mil (11), les insectes des denrées stockées (2, 4, 5, 12) et sur les insectes ravageurs du niébé au champ (2, 9). A travers ces travaux, l'efficacité des molécules toxiques contenues dans l'huile de *J. curcas* a été démontrée sur *Helicoverpa armigera* Hübner (Lépidoptère: Noctuidae); *Aphis gossypii* Glover (Homoptère: Aphididae); *Callosobruchus chinensis* Linn, (Coléoptère: Bruchidae); *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coléoptère: Bruchidae); *Sitophilus zeamays* Linn (Coléoptère: Curculionidae); *Sesamia calamistis* Hampson (Lépidoptère: Noctuidae); *Busseola fusca* Fuller (Lépidoptère: Noctuidae) *Aphis craccivora* Koch (Homoptère: Aphididae); *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptère: Thripidae); *Clavigralla tomentosicollis* Stal (Hémiptère: Coreidae); *Riptortus dentipes* Fabricius (Hémiptère: Alydidae); *Anoplocnemis curvipes* Fabricius (Hémiptère: Coreidae) et *Mylabris senegalensis* Voigts (Coléoptère: Meloidae).

Cette étude vise à évaluer l'effet de deux modes de conservation (avec et sans exposition à la lumière) sur l'efficacité de l'huile de *J. curcas* dans la lutte contre les déprédateurs du niébé (*Vigna unguiculata*) en bio-essai au laboratoire et au champ.

Matériel et méthodes

Extraction et conservation de l'huile

L'huile est extraite à l'aide d'une presse mécanique à partir de dix kilogrammes de graines de *J. curcas*. Elle est répartie dans des flacons scellés en raison de 50 ml par flacon puis stockée selon deux modes de conservation: dans des flacons enroulés de papier aluminium et dans des flacons sans papier aluminium. La durée de conservation est de 70 jours.

Essai au laboratoire

Des doses de 0, 50, 100, 150 et 200 µl d'huile de *J. curcas* pour chaque mode de conservation ont été étalées sur du papier buvard dans des boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre selon la méthode de Boateng et Kusi (5). Le couvercle de chaque boîte est muni d'une ouverture de 3 cm de diamètre, garnie d'une toile afin de permettre l'aération des thrips. Chaque dose est répétée six fois. Dix thrips adultes récoltés à partir d'une pépinière de niébé infestée naturellement ont été introduits dans chaque boîte de Pétri. Le nombre d'insectes morts ou vivants a été dénombré après 2, 4, 6 et 8 heures. Un thrips est considéré comme mort lorsqu'il ne réagit pas au toucher par le pinceau. La mortalité moyenne de thrips est exprimée en

mortalité corrigée en tenant compte de la mortalité naturelle observée au sein du témoin, selon la formule d'Abott (1). Le calcul des doses létales 50 et 90 est réalisé à partir de l'équation linéaire de la régression logistique binaire avec le model probit (7).

Essai en plein champ

La formulation à base d'huile de *J. curcas* est composée de 50% d'huile, 30% d'éthanol à 96% et de 20% de gomme arabique (diluée à 10%). L'éthanol pur a un rôle stabilisateur tandis que la gomme arabique est un adjuvant pour fixer les molécules actives sur la plante. A partir cette solution 5, 10 et 15% d'huile ont été établies et l'activité insecticide de ces concentrations a été évaluée sur les principaux ravageurs du niébé et comparée à un témoin (eau + alcool+ gomme arabique) et à un insecticide de référence, la deltaméthrine (25 g/l) appliquée à la dose recommandée. Pour chaque concentration, 50 ml de produit sont apportés sur la parcelle de 25 m². Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher à quatre répétitions. Chaque parcelle est constituée de 10 plantes de niébé séparées de 1 m. Il n'y a pas eu de plants manquants dans les parcelles unitaires mais plutôt un développement non homogène des plants. Le matériel végétal utilisé est la variété TN 121-80, obtenue à la faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les observations ont eu lieu, deux fois par jour: le matin de 8 à 10 heures et le soir de 16 à 18 heures. Les insectes ravageurs ont été évalués la veille du traitement, le troisième et le septième jour après le traitement. Les insectes ont été collectés comme suit:

-Pour les thrips *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptère: Thripidae): trois fleurs ont été collectées par plant et mises dans un flacon contenant l'éthanol à 70 °C. Le dénombrement de thrips est effectué sous une loupe binoculaire.

-Les punaises sont *Clavigralla tomentosicollis* Stal (Hémiptère: Coreidae); *Riptortus dentipes* Fabricius (Hémiptère: Alydidae) et *Anoplocnemis curvipes* Fabricius (Hémiptère: Coreidae). Le nombre des punaises est compté directement sur les plantes.

-Les pucerons: *Aphis craccivora* Koch (Homoptère: Aphididae): est compté sur 3 feuilles de chaque plant.

Résultats

Pendant la période de conservation d'huile de *J. curcas*, la température moyenne journalière est de 30±3 °C. L'humidité relative de l'air (HR%) varie de

25%±4 en juin à 46±2% en fin juillet. Elle est restée stable entre août et début septembre avec une moyenne hebdomadaire de 40±05%.

Essai au laboratoire

L'analyse de variance ne montre aucune différence significative quand à l'efficacité des modes de conservation (protégée ou non protégée contre la lumière) sur les thrips au seuil de 5%. Par contre des différences significatives de mortalité des thrips sont observées entre les doses. Les doses de 50 µl engendrent une mortalité de 38,3±0,70% et de 38,3±1,6% de thrips pour l'huile non protégée et protégée respectivement (Tableau 1).

La dose de 200 µl permet une mortalité de 70±1,7 et de 88,3±0,9% de thrips respectivement pour non protégée et protégée. Ces moyennes ne sont pas significativement différentes car elles appartiennent à un même groupe. Tel que soit le mode de conservation, la dose d'huile de *J. curcas* donne les mêmes effets de toxicité sur les thrips. La mortalité moyenne des thrips varie en fonction de la dose d'huile de *J. curcas* ($p < 0,05$). Il existe une relation linéaire entre la dose d'huile de *J. curcas* et la mortalité des thrips. Les doses létales (DL) 50 et 90 pouvant permettre une mortalité de 50 et 90% des thrips respectivement sont calculées à partir des

coefficients de régression donnés par la régression logistique binaire. Les résultats de l'analyse logistique binaire sont présentés dans le tableau 2.

Le signe (positif) des coefficients de régression β_1 montre que la variable nombre d'individus morts permet la création du modèle. L'odds ratio indique que si la dose d'huile de *J. curcas* augmente d'une unité, la chance d'accroître la mortalité des thrips sera de 1,01% pour 2 heures; 1,03% pour 4 heures; 1,01% pour 6 et 8 heures après le traitement. Les coefficients de régression sont de 0,014, 0,025, 0,029 et 0,097 pour 2, 4, 6 et 8 heures respectivement. Les DL_{50} sont de 127,85; 58; 31,37; 7, 83 (µl) respectivement pour 2, 4, 6 et 8 heures. Les DL_{90} sont de 195, 96,4; 64,13; et 17,62 (µl) respectivement pour les mêmes temps d'observations.

Essai en plein champ

L'analyse statistique des données ne montre aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les deux modes de conservation d'huile de *J. curcas* pour tous les ravageurs collectés au cours de l'essai. Par contre, la différence est significative ($p < 0,05$) entre les concentrations du même lot. La figure 1 montre l'évolution du niveau d'infestation des pucerons en fonction des jours d'observation

Tableau1

Mortalité moyenne corrigée des thrips en fonction des doses d'huile pure de *J. Curcas*.

Doses (µl)	2h*	4h*	6h*	8h*
0	00±00d	0,2±0,7d	2,1±2,4d	2,4±3,4b
50 np	38,3±0,7bc	61,6±1,1c	78,3±1,4bc	98,3±0,4a
100 np	53,3±2,4bc	81,6±1,4b	91,6±1,3ab	100±0a
150 np	51,6±2,1bc	86,6±1,0b	93,3±1,0ab	100±0a
200 np	70±1,7ab	91,6±0,7ab	96,6±0,5ab	100±0a
50 p	38,3±1,6bc	65,0±1,6bc	93,3±1ab	100±0a
100 p	55±1,50bc	82,3±0,9b	100±0a	100±0a
150 p	68,3±1,3ab	96,6±0,5a	100±0a	100±0a
20 0p	88,3±0,9a	100±0a	100±0a	100±0a
Decis	100±0a	100±0a	100±0a	100±0a

(Sur une même colonne les valeurs ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au test de Turkey). (np: non protégée; p: protégée avec du papier aluminium; * signification $p < 0,05$).

Tableau2

Résultats de la régression binaire logistique des nombres de thrips morts en fonction de temps d'observation.

LOGIT	2h	4h	6h	8h
Probabilité	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Constant (β_0)	-1,79	-1,46	-0,91	-0,76
Coefficient de regression (β_1)	0,014	0,025	0,029	0,097
Odds ratio	01/01/14	1,03	1,01	1,01
Wald's test (z)	7,1	8,71	7,91	4,69
Probability ratio (G)	61,39	127,88	120,22	157,87

avant et après le traitement.

Avant le traitement, le niveau d'infestation des pucerons estimé par feuille de niébé varie de 20 à plus de 100 individus. Trois jours après l'application du produit, une baisse de niveau d'infestation des pucerons est observée pour toutes les concentrations alors qu'il augmente avec le témoin. Au bout de 7 jours l'infestation des pucerons est nulle pour les concentrations d'huile de *J. curcas* tandis que dans les parcelles non traitées elle est à un niveau de 100 pucerons par plant. La figure 2 montre l'évolution du nombre de thrips avant et après l'application du produit en fonction des doses et du mode de conservation.

Le nombre moyen de thrips est estimé entre 3 et 4 par fleur de niébé avant l'application du produit alors qu'il décroît au 3^e jour pour chuter complètement au bout de 7 jours après l'application de produit. L'évolution du nombre de punaises en fonction du mode de conservation et de la durée de traitement est donnée à la figure 3.

Les punaises apparaissent généralement sur le niébé au stade de formation des gousses. Le nombre d'individus compté par plante est compris entre 1 et 3 insectes. On observe une réduction importante de ce nombre au 3^e jour après l'application des produits, l'infestation devient quasi nulle au 7^{ème} jour, alors que le niveau d'infestation est compris entre 2 et 1 insecte chez le témoin au 3^{ème} jour et 7^{ème} jour respectivement. Le tableau 3 donne les moyennes des insectes ravageurs collectés et le poids de graines en fonction de concentration d'huile de *J. curcas* appliquée.

L'effet toxique de l'huile de *J. curcas* reste inchangé tel que soit le mode de conservation. La concentration de 10% d'huile de *J. curcas* par exemple donne $1,25 \pm 0,50$ et $1 \pm 0,00$ de thrips pour l'huile non protégée ou protégée respectivement. Les valeurs des poids des graines récoltées par plant, obtenus avec cette même concentration sont de $44,20 \pm 10,09$ et $60,61 \pm 7,31$ g respectivement pour l'huile non protégée et protégée. Ces deux moyennes ne sont pas significativement différentes

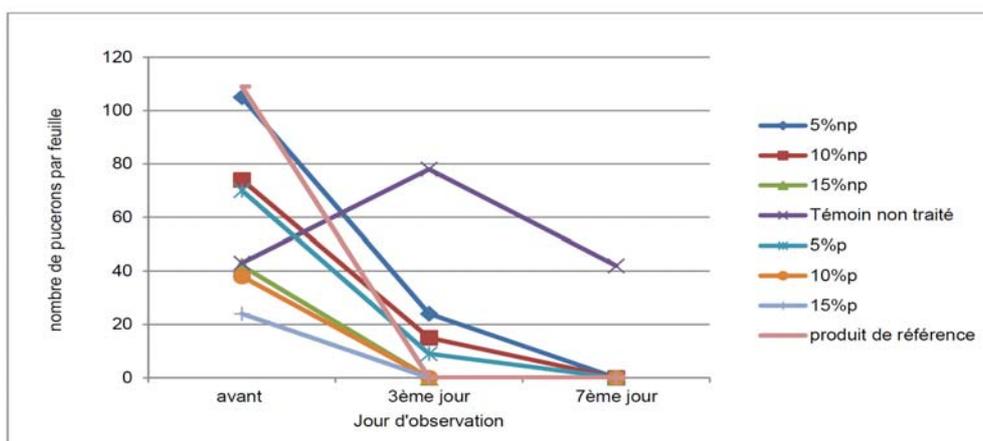


Figure 1: Evolution du nombre des pucerons avant et après le traitement (stade 35 jours après le semis). (np: non protégée; p: protégée avec du papier aluminium).

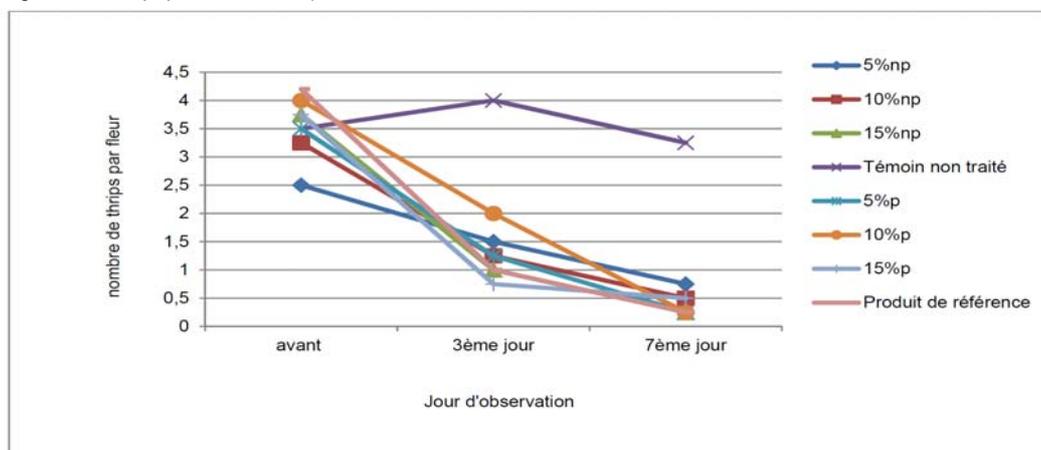


Figure 2: Evolution du nombre de thrips par fleur du niébé avant et après l'application de produit au stade 50% floraison. (np : non protégée ; p : protégée avec du papier aluminium).

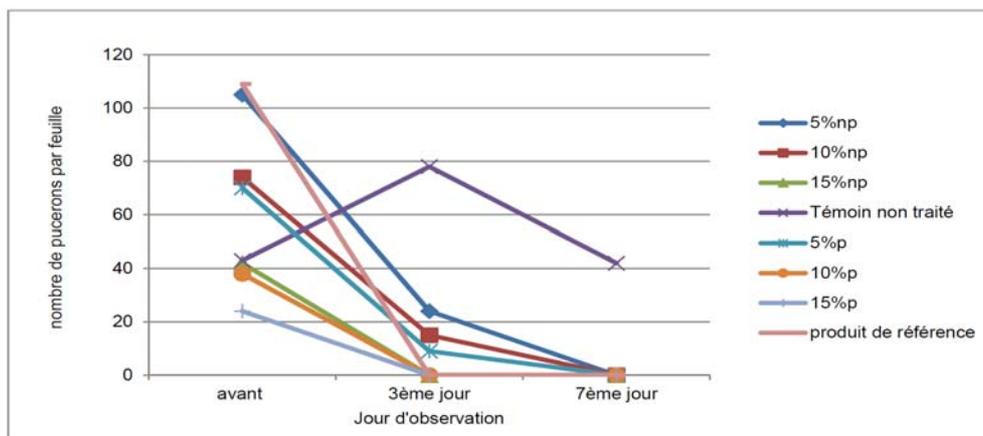


Figure 3: Evolution du nombre de punaises par plante de niébé en fonction du mode de conservation et de la durée de traitement (stade formation des gousses). (np: non protégée; p: protégée avec du papier aluminium).

Tableau 3

Moyenne des principaux insectes ravageurs du niébé et poids moyen des graines de niébé récoltées par plante en fonction des concentrations de l'huile de *J. curcas*.

Concentrations	Thrips*	Pucerons*	Punaise*	Poids moyen grain/plant (g)*	Rdt grain (kg.ha ⁻¹)
0,00%	5,25±0,9a	250±2,9a	7,75±3,09a	34,86±8,84b	697,3±176,8b
5%np	2,25±0,5b	35±0,1bc	1,25±1,25b	44,18±6,38ab	883,7±127,6ab
10%np	1,25±0,5c	28±5,7bc	0,25±0,50bc	44,20±10,09ab	884,1±202,0ab
15%np	1±25,5bc	00±00d	0,00±00cd	60,39±3,52a	1207,8±70,0a
5%p	2,25±0,5b	15±2,5bc	0,75±0,50bc	48,73±8,53ab	974,6±170,7ab
10%p	1±0,00c	00±0cd	00±00cd	60,61±7,31a	1212,3±146,2a
15%p	0,75±0,5cd	00±0d	0,75±0,95bc	55,23±4,18a	1104,8±83,6a
Décis	00±0d	00±0d	0,25±0,50cd	58,89±9,30a	1177,8±186,2a

(Dans la même colonne les moyennes ayant la même lettre ne sont pas significativement). (np: non protégée; p: protégée avec du papier aluminium; * signification $p < 0,05$)

car le test statistique leur affecte une même lettre. Elle permet une réduction de plus de 80% de thrips, pucerons et punaises. Les concentrations de 15% de *J. curcas* de deux modes de conservation montrent les effets toxiques semblables à ceux de l'insecticide de référence. Mais des symptômes de phytotoxicité sont observés sur les feuilles de niébé des parcelles traitées avec ces concentrations. On constate une baisse légère des ravageurs du niébé par rapport au témoin et une augmentation du poids moyen des graines produites par plante de niébé.

Discussion

Après 70 jours de conservation, l'huile de *J. curcas* s'est montrée toxique contre les insectes ravageurs du niébé au laboratoire et au champ quel que soit le mode de conservation. La toxicité de l'huile de *J. curcas* est due à la présence des esters de phorbol (10). Il n'y a pas des travaux portant sur l'altération de l'effet insecticide de l'huile de *J. curcas* après conservation. D'après nos résultats, il n'y avait pas de dégradation de l'activité insecticide de ces esters au cours du temps. Selon Abulude *et al.* (3), les propriétés physiques et chimiques de l'huile de *J. curcas* en stockage dans différents récipients, en

conditions ambiantes, ne changent pas au bout quatre mois de conservation. Mais ces auteurs n'ont pas quantifié les esters de phorbol avant et après la conservation, ils se sont limités uniquement aux caractères physiques et chimiques de l'huile. Par contre les travaux menés par Devappa *et al.* (6) montrent que les esters de phorbol contenu dans l'huile de *J. curcas* peuvent être complètement dégradés au bout de 12 à 19 jours à la température ambiante une fois incorporés dans de la silice. Les esters de phorbol contenus dans le tourteau sont dégradés au bout de 17 à 21 jours dans les mêmes conditions.

Au champ, une réduction importante des insectes ravageurs du niébé (*Aphis craccivora*; *Megalurothrips sjostedti*; *Anoplocnemis curvipes*; *Mylabris senegalensis*; *Coryna argentata* *Decapotoma affinis*; *Riptortus dentipes*; *Clavigralla tomentosicollis*) est obtenue avec les concentrations 5, 10 et 15% pour les deux modes de conservation. Des résultats similaires sur *Aphis fabae*, pucerons ravageurs de la fève, et sur les insectes ravageurs du niébé ont été obtenus par Abdoul Habou *et al.* (2). Les deux essais mettent en évidence un effet biocide des traitements appliqués qui augmente avec la concentration en

huile de *J. curcas*. Solsoloy *et al.* (12) a testé deux niveaux de concentration d'huile de *J. curcas* (800 et 1250 ml/ha) par pulvérisation. L'huile a été comparée à des insecticides commerciaux fréquemment utilisés (profenofos à 400 g/ha et deltaméthrine à 12,5 g/ha). Trois insectes furent concernés par les tests: la sauterelle *Amrarsca biguttula*, le puceron *Aphis gossypii* et une chenille *Helicoverpa armigera*. Les populations d'insectes (nuisibles et utiles) ont été mesurées avant et après les traitements. Selon les études menées, les insecticides de synthèse auraient un effet plus rapide que l'huile de *J. curcas* qui met un certain temps avant d'être au maximum de son efficacité car elle agit sur la croissance des insectes. Les insecticides de synthèse montrent également un effet néfaste sur les insectes utiles les plus importants que l'huile de *J. curcas* qui, néanmoins serait responsables de phytotoxicité pour la plus importante des concentrations mentionnées. Cependant, il existe d'autres facteurs biologiques et physiques qui contribuent à la réduction des populations de ces insectes. Ainsi les coccinelles et les fortes précipitations réduisent considérablement les pucerons tandis que les mylabres sont des prédateurs des thrips (12). La différence de poids de grains obtenue entre les parcelles traitées avec le decis et les concentrations de 15% d'huile de *J.*

curcas peut être expliquée par le gradient de fertilisation du terrain qui entraîne un mauvais développement des plants mais aussi par les prélèvements de gousses réalisés par des enfants au cours de l'essai malgré la vigilance du gardien.

Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort que quel que soit le mode de conservation, l'huile de *J. curcas* présente les mêmes effets toxiques sur les déprédateurs du niébé testés au laboratoire et au champ. Ainsi la concentration de 10% (2 l.ha⁻¹), l'huile de *J. curcas* permet une réduction de plus de 80% des thrips, des pucerons et des punaises par rapport au témoin. A 15% (3 l.ha⁻¹), l'effet insecticide de l'huile de *J. curcas* est comparable à l'insecticide de référence (Decis: deltaméthrine 25 g/l), mais un effet de phytotoxicité est observé sur les feuilles du niébé. Un accroissement de rendement en graines par plante de plus de 50% est enregistré par les concentrations de 10 et de 15% par rapport au témoin.

Les producteurs peuvent donc conserver l'huile de *J. curcas* sans protection contre la lumière pendant deux mois et demi sans perdre son effet insecticide.

Références bibliographiques

1. Abbot W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, **18**, 265-267.
2. Abdoul Habou Z., Haougui A., Mergeai G., Haubruge E., Adam T. & Verheggen F.J., 2011. Insecticidal effect of *Jatropha curcas* oil on the aphid *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae) and on the main insect pests associated with cowpeas (*Vigna unguiculata*) in Niger, *Tropicultura*, **29**, 4, 225-229.
3. Abulude F.O., Ogunkoya M.O. & Ogunleye R.F., 2007. Storage properties of oils of two Nigerian oil seeds *Jatropha curcas* (physic nut) and *Helianthus annuus* (sunflower). *Am. J. Food Technol.*, **2**, 3, 207-211.
4. 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.
5. Boateng B.A. & Kusi F., 2008. Toxicity of *Jatropha* Seed Oil to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its Parasitoid, *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Appl. Sci. Res.*, **4**, 8, 945-951.
6. Devappa R.K., Makkar H.P., Becker K., 2010. Biodegradation of *Jatropha curcas* phorbol esters in soil. *J. Sci. Food Agric.*, **90**, 12, 2090-2097.
7. Duyme F. & Clautriaux J.J., 2006. *La régression logistique binaire*. Notes statistique et d'informatique, Gembloux Agro Bio-Tech, Belgique, 24 p.
8. Heller J., 1996. Physic nut, *Jatropha curcas* L., Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (IPGRI). *Biodivers. Int.*, **1**, 66 p
9. Katoune H.I., Malam Lafia D., Salha H., Doumma A., Yaye Drame A., Pasternak D. and Ratnadass A., 2011. Physic nut (*Jatropha curcas*) oil, as a protectant against field insect pests of cowpea in Sudano-Sahelian cropping systems. *J. Sat Agric. Res.*, **9**, 1-6.
10. 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. Agric. Food Chem.*, **45**, 3152-3157
11. Ratnadass A., Cissé B., Diarra A., Mengual L., Taneja S.L. & Thiéro C.A.T., 1997. Perspectives de gestion bio intensive des foreurs des tiges de sorgho en Afrique de l'Ouest, *Sc. Appl.*, **17**, 2, 227-233.
12. Solsoloy A.D. & Solsoloy T.S., 1997. Pesticidal efficacy of formulated product *J. curcas* oil on pests of selected field crops. In: Gubitz G.M., Mithelbach M. and Trabi M., *Symposium on Biofuel and Industrial Products from Jatropha curcas and other Tropical Oil Seed Plants*, February 23-27, Managua, Nicaragua.

Z. Abdoul Habou, Nigerien, PhD, Chargé de recherche, Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger.

T. Adam, Nigerien, PhD, Professeur, Doyen de la faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

G. Mergeai, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech, Unité Phytotechnie tropicale, Gembloux, Belgique.

E. Haubruge, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech, Unité d'entomologie évolutive et fonctionnelle, Gembloux, Belgique.

F.J. Verheggen, Belge, PhD, Enseignant-chercheur, Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech, Unité d'entomologie évolutive et fonctionnelle, Gembloux, Belgique.

Identification and Stochastic Analysis of Factors Influencing Technical Inefficiency of Nigerian Smallholder Soybean Farmers

M.A. Otitoju^{1,3*}, G.M. Adebo² & C.J. Arene³

Keywords: Identification- Stochastic analysis- Technical inefficiency- Smallholder soybean farmers- Nigeria

Summary

Smallholder soybean production is investigated using an econometric analysis otherwise known as stochastic frontier analysis through transcendental logarithmic (translog) production function, which incorporates an inefficiency effects model. Ninety-six farmers were randomly selected through multistage techniques in Benue State, Nigeria. Factors (socio-economic and institutional) considered in the inefficiency effects model include household size, sex, age, years of schooling, farming experience in soybean production, health status, off-farm employment, non-family labour, credit accessibility, land fragmentation and extension contact. The parameters of the stochastic frontier translog production function are estimated contemporaneously with those involved in the inefficiency effects model. The results indicate that household size, age, non-family labour were significant and negatively related to the technical inefficiency while farming experience, off-farm employment, credit accessibility, land fragmentation, and extension contact were statistically significant and positively related to the inefficiency. The mean technical efficiency of the farmers is 0.84. This means that the farmers can still improve their efficiency level by 16%.

Résumé

Identification et analyse stochastique de l'inefficacité technologique des petits producteurs du soja au Nigeria

La production du soja chez les petits agriculteurs au Nigeria est étudiée par une analyse économétrique de la frontière stochastique. Le modèle de l'inefficacité est utilisé pour apprécier la fonction de production logarithmique transcendantale (translog). Quatre-vingt-seize producteurs ont été choisis, aléatoirement, en utilisant une technique d'échantillonnage stratifié dans l'État de Benue. Les facteurs socio-économique et institutionnel (la taille du ménage, le sexe, l'âge, le niveau de formation, l'expérience dans la production du soja, l'état de santé, l'emploi hors-exploitation agricole, la main-d'œuvre non-familiale, l'accès au crédit, le morcellement des terres, et le nombre de contacts avec les conseillers techniques) ont été étudiés. Les paramètres de la frontière stochastique translog sont comparés avec ceux impliqués dans le modèle d'effets d'inefficacité. Les résultats indiquent que la taille du ménage, l'âge, la main-d'œuvre non-familiale étaient statistiquement significatifs et négativement corrélés à l'inefficacité technique. Par contre, l'expérience dans la production du soja, l'emploi hors-exploitation, l'accès au crédit, le morcellement des terres et l'ampleur des contacts avec les vulgarisateurs étaient statistiquement significatifs mais positivement corrélés à l'inefficacité. L'efficacité technique moyenne des producteurs est de 0,84. Ce qui signifie que ceux-ci peuvent encore améliorer leur niveau d'efficacité de 16%.

1 National Biotechnology Development Agency, Agricultural Biotechnology and Bioresources Development Department, Abuja, FCT, Nigeria.

2 Ekiti State University, (formerly University of Ado-Ekiti), Department of Agricultural Economics and Extension Services, Ekiti State, Nigeria.

3 University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, Nsukka, Enugu State, Nigeria.

* Corresponding author: Email : maobanjo@yahoo.co.uk

Introduction

Nigeria is the largest producer of soybean for food in the West and Central Africa (28), and more recently, Nigeria was ranked the largest producer of soybean in Africa in the year 2003 by the International Development Research Centre (IDRC), Canada (15). Almost all the tonnage of soybean in the sixties was produced in Benue State (25), solely produced on small scale farms of less than 6.0 hectares in size. Recently the presidential initiative on Vegetable Oil Development Programme (VODEP) launched in 2002, which was to address five oil-producing crops- cocoa, oil palm, cotton, groundnut and soybean, in order to meet the 300,000- 400,000 tonnes per annum supply deficit of vegetable oil (26). Interested institutions like the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Institute of Agricultural Research (IAR), ABU, tried in the generation of improved, adaptable (TGX and TGM) and Samsoy varieties, respectively, to replace the Malayan variety first introduced to the country (6).

Due to the improved protein level of soybean and low price, there have been increasing demands for soybean in Nigeria, both for domestic consumption and industrial use. Oyebanji (24) reported that soybean production in 2004 increased by 9.9% over that of 2003. Despite this increase there is still widened demand-supply gap. To bridge this gap even at this present technology level, there is need to examine factors explaining why domestic soybean supply lags behind the demand for the commodity in Nigeria. Central to this is the issue of efficiency of Nigerian soybean farmers in the use of available resources or technology. Ajibefun *et al.* (3) opined that efficiency of production is central to raising production and productivity of African agriculture. Although several studies have been carried out on estimation of efficiency in Nigerian agriculture e.g. (2, 3, 5, 20, 21), none of these studies looked into the issue of determining the factors influencing technical efficiency of soybean-farmers. The only study that attempted to determine the cause of technical inefficiency among soybean-farmers is that of Kondoun (17). The major drawback in that study is that the author restricted technical efficiency differentials to educational attainment.

Technical efficiency measurement may be generally divided into two groups according to method chosen to estimate the frontier production function, namely mathematical programming versus econometric estimation (10). The mathematical programming approach to frontier estimation is usually termed Data Envelopment Approach (DEA).

DEA is a deterministic model and all deviations from the production frontier are attributed to inefficiencies (10, 23). This assumption of DEA, is difficult to accept, given the inherent variability of agricultural production, due to weather, fires, pests, diseases, etc. Also, many farms smallholders, keeping of accurate records is not always a priority (10). Thus DEA is very sensitive or likely to be subject to measurement errors (10, 23).

In agricultural economics literature, use of SFA has generally been preferred; this is probably associated with the inherent variability or uncertainty of agricultural production (10, 11, 23). There have been many applications of frontier production functions in literature in developing agricultural economies. For example, many studies attempt to investigate the relationship between technical efficiencies and various socio-economic (3, 7, 20, 22, etc.). Most of the applications which seek to provide explanation to differentials in technical efficiencies in agricultural production use a two-stage approach e.g. (5, 16, 21). This paper used one-stage stochastic frontier production function that incorporates the technical inefficiency model to identify factors that influence technical inefficiency among Nigerian smallholder soybean farmers not to violate maximum likelihood assumption of error independence in two interrelated models.

Materials and methods

This study was conducted in Benue State, Nigeria. The choice of Benue state was because it is ranked the largest producer of soybean in Nigeria. Following 2006/07 cropping season, 96 smallholder soybean farmers were selected through purposive and multi-stage sampling techniques. Four Local Government Areas (Ushongo, Ukum, Gboko and Tarka) were purposively selected and 96 respondents were randomly selected with the help of the extension workers of Benue State Agricultural and Rural Development Authority (BNARDA) at the zone, block and cell levels. Data was gathered through personal interview using a set of pre-tested questionnaire or interview schedule.

Empirical model: The Stochastic frontier and inefficiency models

The data was fitted into Cobb-Dougllass and transcendental logarithmic functional forms (Equations I and II).

(i). Cobb-Douglass production form (Equation I):

$$\ln y_i = \beta_o + \sum \beta_i \ln(x_i) + (v_i - u_i) \quad I$$

(ii). The stochastic transcendental logarithmic (translog) frontier production form (Equation II):

$$\ln y_i = \beta_o + \sum_{i=1}^3 \beta_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i \leq j=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j + V_i - U_i \quad II$$

Where: Σ represents the natural logarithm; stands for summation; j represents the input variables in the second-order term of the translog model; y_i output of soybean harvested for the i th farmer (in kilogramme); X_i i^{th} input variables in the model; X_1 = total labour used in man-days; X_2 = total area of land planted to soybean in hectares; X_3 = total fertilizer used in soybean production in kilogrammes. β_o is the constant parameter. β_i is the parameter estimate of the i th variable. The V_{is} are random errors that are assumed to be independent and identically distributed as $N(0, \sigma_v^2)$ random variables; and the U_{is} are non-negative technical inefficiency effects that are assumed to be independently distributed among themselves and between V_{is} such that U_i is defined by the truncation i or a half-normal of the N distribution. The inefficiency Model (Equation III):

$$\mu_i = \delta_o + \sum \delta_j Z_{ji} \quad III$$

Where: U_i is the technical inefficiency of the i^{th} farmer; δ_s unknown scalar parameters estimated; δ_o is the parameter estimate of the constant in the

inefficiency model; δ_j is the parameter estimate of the determinant j th in the inefficiency model. The following variables were hypothesized as factors that influence technical inefficiency; Z_1 = Farmer's household size (number of persons in the household); Z_2 = Sex of household head (1 for male; 0 otherwise); Z_3 = Age of household head (in years); Z_4 = Years of schooling of household head; Z_5 = Farming experience in soybean production (in years); Z_6 = Health status (1 for presence of sick member (s) of the household i.e. protracted sickness and 0 otherwise); Z_7 = Off-farm employment (1 for off-farm employment and 0 otherwise); Z_8 = Non-family labour in man-days; Z_9 = Credit accessibility (1 for access to credit and 0 otherwise); Z_{10} = Land fragmentation (Number of fragmented land used in soybean production in the cropping season); Z_{11} = Extension contacts (Number of visits in the cropping season).

Results and discussion

Table 1 presents summary of the variables of interest in the efficiency analysis. The farms involved are relatively small with average size of 2.19 hectares. The average age of the respondents was 33.31 years, this shows that the respondents were relatively young people. The average output of soybean for the cropping year was 1741.11 kilogrammes. The average year of schooling of the farmers was 11.31 years, meaning majority barely complete primary school. It is assumed here that more years of schooling is expected to have an inverse relationship with technical inefficiency (i.e. reduce the technical inefficiency). Many of the farmers did not receive extension services during the cropping year as evidenced by the average of 0.28. This low extension contact or visits is at

Table 1
Summary statistics of variables used in the efficiency analysis.

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Output (Kg)	1741.11	1081.99	300	5550
Household size (Number)	6.44	4.41	1	32
Age of farmers (Years)	33.31	9.38	20	65
Years of schooling (Years)	11.31	3.51	0	16
Farming experience (years)	8.70	6.45	0	16
Farm size(hectare)	2.19	1.20	0.5	5.5
Fertilizer (kilogramme)	134.22	168.75	0	750
Extension contact (Number of visits)	0.28	0.45	0	1
Land fragmentation	3.69	2.12	1	10

variance with the expectation of more visits of the extension personnel to provide technical support to Nigerian smallholder soybean farmers. The mean value of farming experience in soybean production was 8.70 years. It is assumed in some studies as the proxy for human capital. Most adoption studies have attempted to measure human capital through the farmer's age and their education or years of experience growing the crop (12, 13). If this is true, the recorded average years of farming experience (8.70 years) might not have a significant effect on reducing the technical inefficiency of the farmers as expected. The capital resource considered in the analysis is fertilizer with an average of 134.22 kg. There is a problem of farm holdings with an average of fragmented land of 3.69.

Stochastic Frontier Production Function Estimates: An Econometric Approach

The maximum likelihood estimates (MLE) of the parameters of the stochastic frontier model were obtained using the computer programme FRONTIER 4.1 which provides estimates of β , σ_v^2 , $\sigma_v^2 = \sigma_s^2$ and $Y = \sigma^2/\sigma_s^2$ as well as individual and average farm-level efficiencies.

There was presence of efficiency effects using the generalized likelihood ratio when tested.

Test of the null hypotheses was obtained by using the generalized likelihood-ratio statistic, which is defined by equation IV:

Where $L(H_0)$ is the value of the likelihood function

$$\lambda = \frac{-2\ln[L(H_0)]}{\ln L(H_1)} = -2\ln[L(H_0) - L(H_1)]$$

IV

for the frontier model, in which the parameter restrictions specified by the null hypothesis, H_0 are imposed; and $L(H_1)$ is the value of the likelihood function for the general frontier model. If the null hypothesis is true, then λ has approximately a Chi-square (or a mixed square) distributed with degrees of freedom equal to the difference between the

parameters under H_1 and H_0 , respectively; that is the number of parameters excluded in the model.

The results of testing the two null hypotheses of interest (as seen in Table 2) show that the first hypothesis $H_0: \beta_{ij}=0, i \leq j= 1, 2, 3$, which specifies that the Cobb-Douglas frontier model is an adequate representation of the data, is strongly rejected for small scale soybean production, hence, the data from Nigerian smallholder soybean farms are better analysed with the translog frontier model. The second null hypothesis, $H_0: \gamma = \delta_0 = \delta_1 \dots = \delta_{11} = 0$, which states that inefficiency effects are absent from the frontier model, is rejected, indicating that there were presence of technical inefficiency effects in Nigeria smallholder soybean production. The discussion of the results of this study is strictly based on the transcendental logarithmic stochastic frontier production function (the preferred model).

Maximum likelihood estimates (MLE) for parameters of the two estimated models are presented in table 3. The relative importance of the inputs is shown by their signs and magnitude as shown in the production function. Only land is according to the *a priori* expectations, that is, it was positively signed and statistically significant at 1% level, which indicates a direct relationship with the output. This implies that a unit increase in farm size will increase the output of soybean by about 87 percent. Labour is highly significant at 1% level but inversely related with output of soybean, meaning that a unit increase in labour will decrease soybean output by about 62 percent. This may be due to small farm size holding per individual which led to under utilization of labour. It may be due to overutilization of family labour by farm household heads in soybean production. The estimated value for the Y - parameter is quite large and significant (0.89) and significant, which means that the inefficiency effects are highly significant in the analysis of the value of output of the farmers.

The estimated coefficients in the explanatory variables (socio-economic and institutional) in the model for the inefficiency effects are of interest and have important policy implications as in table 4. Factors that have negative sign and are at the

Table 2
Generalised log likelihood-ratio tests of null hypotheses.

Null hypothesis	Log-likelihood	Test statistics	Critical value	Decision
$H_0: \beta_{ij}=0, i \leq j = 1, 2, 3.$	-19.66	48.69	12.59	Reject H_0
$H_0: g = 0$	4.689	72.64	21.00	Reject H_0

Table 3
Maximum Likelihood Estimates (MLE) of Frontier Production Function for Nigerian Smallholder Soybean Farmers.

Variable	Parameter	Cobb-Douglas Coefficient	t-ratio	Translog ^a Coefficient	t-ratio
Constant	β_0	5.197 -1.054	4.929 [*]	24.923 -1.530	16.288 [*]
Ln(labour)	β_1	0.296 (0.195)	1.519 [*]	-6.155 (0.622)	-9.899 [*]
Ln(land)	β_2	0.755 (0.181)	4.170 [*]	0.874 (0.149)	5.878 [*]
Ln(Fertilizer)	β_3	0.016 (0.012)	1.271 ^{**}	0.420 (0.429)	0.979
0.5[Ln (labour)] ²	β_{11}	0	-	0.510 (0.069)	7.385 [*]
0.5[Ln(land)] ²	β_{22}	0	-	-0.741 (0.119)	-6.221 [*]
0.5[Ln(fertilizer)] ²	β_{33}	0	-	0.006 (0.012)	0.510
[Ln(labour)]x[Ln(land)] ²	β_{12}	0	-	0.202 (0.034)	5.912 [*]
[Ln(labour)]x[Ln(fertilizer)] ²	β_{13}	0	-	-0.079 (0.082)	-0.961
[Ln(land)]x[Ln(fertilizer)] ²	β_{23}	0	-	-0.053 (-0.072)	0.730
Variance Parameters					
Total Variance	δ_s^2	0.861 (0.400)	2.152 [*]	0.262 (0.0760)	3.475 [*]
Gamma	γ	0.961 (0.091)	51.323 [*]	0.889 (0.059)	15.024 [*]
Log-likelihood function	LLF	-19.656		4.689	

Values in parenthesis are standard error

a preferred model; * significant at 5% i.e. a preferred model ; * significant at 5%; ** significant at 10%.

Note: After the log-likelihood ratio test the discussion of the Maximum likelihood estimation was based on the preferred model i.e. transcendental logarithmic model.

Table 4
Factors influencing technical inefficiency of Nigerian smallholder soybean farmers.

Variable	Parameters	Coefficient	Standard error	t-ratio
Constant	$\bar{\delta}_0$	-0.678	0.0950	-0.714
Household size (Z_1)	$\bar{\delta}_1$	0.214	0.0426	-5.030***
Sex (Z_2)	$\bar{\delta}_2$	-0.0498	0.377	-0.132
Age (Z_3)	$\bar{\delta}_3$	-0.488	0.0261	-1.833*
Years of schooling (Z_4)	$\bar{\delta}_4$	0.0278	0.0554	0.502
Farming experience (Z_5)	$\bar{\delta}_5$	0.0418	0.0268	1.556
Health status (Z_6)	$\bar{\delta}_6$	-0.124	0.303	-0.409
Off-farm employment (Z_7)	$\bar{\delta}_7$	0.643	0.470	1.369
Non-family labour (Z_8)	$\bar{\delta}_8$	-0.00225	0.00154	-1.461
Credit accessibility (Z_9)	$\bar{\delta}_9$	0.787	0.245	3.214***
Land fragmentation (Z_{10})	$\bar{\delta}_{10}$	0.267	0.00956	2.780***
Extension contact (Z_{11})	$\bar{\delta}_{11}$	0.962	0.342	2.814***

Source: Computed from field data, 2007

*** significant at 1% level

* significant at 10% level

same time significant (household size and age) shows that they have decreasing effect on the technical inefficiency, while those with positive signs and are significant (credit accessibility and land fragmentation) have increasing effect on technical inefficiency.

The negative coefficient for the household size (Z_1) is significant at 5%, implies that soybean farm households with more members are less technically inefficient, than those with few members (household size reduces technical inefficiency). This may be so because large household sizes may not guarantee increased efficiency since family labour, which comprises mostly children of school age, are always in school and are not available for farming activities in most cases. Where such large household members are available for farming activities, farm size is small for all members to work effectively and hence there is under utilization of labour, which makes the law of diminishing marginal returns to set in. This result agrees with the finding of Birungi and Hassan (9) which found out that household size is negatively related to adoption of fallow as land management technology in Uganda.

The negative coefficient for the age (Z_3) and significant at 5% implies that the younger soybean farmers are more technically efficient than the older soybean farmers. It is assumed that the younger the farmer, the more likely he/she is to adopt innovations early in his/her respective life cycle (27). Older farmers may have a shorter time horizon and be less likely to invest in novel technologies and at the same time they may not even have the experience needed to combine the inputs as expected for greater results. Studies supported that younger farmers adopt novel technologies and are venturesome than their older counterparts, among them are the work of Alexander and Mellor (4) which found that GM corn adoption increased with age for younger farmers as they gain experience and increase their stock of human capital but declines with age for those farmers closer to retirement. Similar result was discovered by Bayard *et al.* (8) that the age of farmers has a negative influence on adoption of rock walls as soil management practice in Fort-Jacques in Haiti and on adoption of rbST in Connecticut Dairy Farms (14). On the contrary, this finding is a deviation from the findings of Ajibefun *et al.* (3) and Ojo (22) in which they found out that technical inefficiency tends to increase with age (i.e. technical efficiency decreases with age).

The positive coefficient for credit accessibility variable (Z_9) but significantly at 5% shows that the more access to credit the more technically inefficient the farmers. This is contrary to a priori expectations that farmers' access to credit should reduce their level of technical inefficiency. This indicates that farmers who have access to credit tend to exhibit higher levels of inefficiency. It might be as a result of credit received being misused (or diverted to other uses). It could probably be that there is fungibility of credit gotten which could have resulted in moral hazard which is a problem due to information asymmetry. There is need for supervised credit.

Land fragmentation variable (Z_{10}) has positive coefficient but significant at 5%, which shows that the more the number of fragmented land put to soybean production the more technically inefficient the farmers. This might be that it takes more time for farmers to move from one plot to others which definitely have effect on increasing the farmer level of technical inefficiency in soybean production in Benue State, Nigeria. Invariably, the less the number of land fragments the more technically efficient the farmers would be. This implies that there is need to enhance and effectively put to use land use decree that will be farmers friendly to enable them have access to a versed land size for their soybean farming activities.

There is also a positive coefficient for the extension contact variable (Z_{11}) but significant at 5%, this shows that as extension contact increases the more inefficient the farmer could be but this is at variance with essence of extension services provision especially the public extension type. This finding agrees with the findings of Ajibefun *et al.* (2) of mixed Croppers, which found that an increase in extension contact would decrease the level of technical efficiency (or increase the level of technical inefficiency). But the finding here disagrees with the findings of Ajibefun *et al.* (2) of cassava croppers, rice croppers and maize croppers. This could probably be that the methods

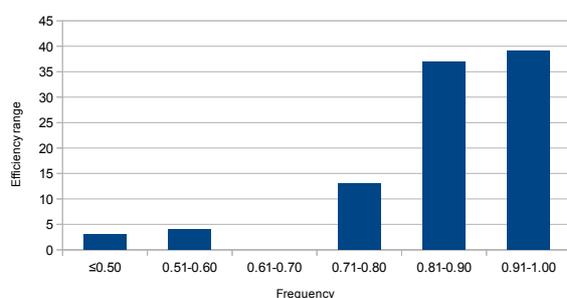


Figure 1: Frequency distribution of efficiency level of Nigerian smallholder soybean farmers.

of disseminating newly introduced technology were not good enough for the farmers to understand. Better and simpler farmers participatory and demand driven methods should be used with emphasis on the importance of farmer-farmer paradigm in technology transfer.

Technical Efficiencies Estimates for Nigerian Smallholder Soybean Farmers

The technical efficiency level shows the ability of farmers to derive maximum output from the inputs used in soybean production. A very important characteristic of the stochastic production frontier model is its ability to estimate individual, farm-specific technical efficiencies. Given the preferred model (transcendental logarithmic) the estimates of the technical efficiency is as presented below. Figure 1 shows high variability among Nigerian smallholder soybean farmers, the computed technical efficiency varies between 0.102 and 0.96 with mean of 0.84 (84%). This result is similar to the result of Kurkalova and Jesen (19) which found that the average technical efficiency of grain-producing farms in Ukraine was 0.82 (82%) in 1989 cropping year. The highest number of farmers (40.62%) has technical efficiencies between 0.91 and 1.00 follow by 38.54% of the farmers having technical efficiencies between 0.81 and 0.90. The sample soybean farmers' frequency distribution indicates a clustering of technical efficiencies in the region 0.81- 1.00 efficiency range, indicating that the farmers are fairly efficient. There appears to be considerable room for the farmers to improve their efficiency level by 16% using the present technology.

Conclusion

The findings of this study reveal that household size, age, credit accessibility, land fragmentation and extension contact influenced the technical inefficiency level of Nigerian smallholder soybean farmers. The farmers still have advantage of reducing their technical inefficiencies by 16% with the use of the present soybean technology. Access to credit is positively related to small-scale soybean farmers' technical inefficiency, credit should be made available and accessible to the farmers, so that they would be able to procure necessary productive resources, fertilizer, to increase or expand their soybean production. Nigerian Agricultural Cooperatives and Rural Development Bank (NACRDB), the Central Bank of Nigeria (CBN) through its agency, the Agricultural Credit Guarantee Scheme Fund (ACGSF), the microfinance institutions, and other government institutions saddled with similar responsibilities

should be mandated to give thorough supervision and monitoring to ensure timely release of credit to the soybean farmers. Soybean farmers (especially small-scale farmers) should be provided with adequate extension services and training programmes on entrepreneurship skills needed in understanding and using present soybean

technologies to enhance their efficiency. This type of training can be provided by institutions like the Cooperative Extension Centre (CEC) of the University of Agriculture, Makurdi, College of Agriculture, Yandev, Benue state, Nigeria Soybean Association (NSA) and other critical actors in soybean production.

Literature

- Adegeye A.J. & Dittoh J.S., 1985, *Essentials of agricultural economics (new edition)*. Ibadan: Impact publishers Nig. Ltd.
- Ajibefun I.A., 2006, *Linking socio-economic and policy variables to technical efficiency of traditional agricultural production: empirical evidence from Nigeria*, Poster paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August 12-18.
- Ajibefun I.A., Battese G.E. & Daramola A.G., 2002, Determinants of technical efficiency in smallholder food crop farming: application of stochastic frontier production function, *Q. J. Int. Agric.*, **41**,3, 225-240.
- Alexander C. & Mellor T.V., 2005, Determinants of corn rootworm resistant corn adoption in Indiana. *AgBioForum*, **8**,4, 197-204.
- Asogwa B.C., Umeh J.C. & Ater P.I., 2006, *Technical efficiency analysis of Nigerian cassava farmers: a guide for food security policy*, Poster paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia. August 12-18.
- Ayoola G.B., 2001, *Essays on the agricultural economy: A book of readings on agricultural policy and administration in Nigeria*.1: 1-5. Ibadan: TMA Publishers.
- Battese G.E. 1992, Frontier production functions and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics, *Agric. Econ.*, **7**, 185-208.
- Bayard B., Jolly C.M. & Shannon D.A. 2006, The adoption and management of soil conservation practices in Haiti: the case of rock walls. *Agric. Econ. Rev.*, **7**,2, 28-39.
- Birungi P. & Hassan R. 2010, Poverty, property rights and land management in Uganda. *Afr. J. Agric. Resour. Econ.*, **4**,1, 48-69.
- Coelli T. & Battese G., 1996, Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers, *Aust. J. Agric. Econ.*, **40**,2, 103-128 .
- Coelli T., Rao D.S.P. & Battese G.E., 1998, *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Fernandez-Cornejo J., Daberkow S., & Huang W-H. 1994, The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas. *J. Agric. Appl. Econ.*, **26**,1, 158-172.
- Fernandez-Cornejo J., Mishra A., Nehring R., Hendricks C., Southern M., & Gregory A., 2007, Off-farm income, technology adoption, and farm economic performance (Agricultural Economics Report No. 36). Washington, DC: USDA ERS.
- Foltz J. & Chang H., 2001, *The adoption and profitability of rbST on Connecticut Dairy farms* (Research Report N^o. 55). Connecticut: University of Connecticut, Food Marketing Policy Center, Department of Agricultural and Resource Economics.
- International Development Research Centre (IDRC), Canada. Retrieved December 16, 2006 from <http://www.idrc.ca>
- Kalirajan K.P., 1981, An econometric analysis of yield variability in paddy production, *Can. J. Agric. Econ.*, **29**, 283-294.
- Kondoun T.M., 2000, *“Education and Technical Efficiency of Small-scale Production: A Case Study of Soybean Farmers in Gboko L.G.A of Benue State”*. Unpublished M.Sc. Thesis, Dept. Agric. Econ., University of Agriculture, Makurdi, Nigeria.
- Koutsoyiannis A., 1977, *Theory of econometrics: an introductory exposition of econometric method, (2nd edition)*. Hampshire: Palgrave
- Kurkalova L. A. & Jensen H.H. 2000, *Technical efficiency of grain production in Ukraine. (CARD Working Paper 00-WP 250)*. Ames, Iowa: Centre for Agricultural and Rural Development, Iowa State University
- Ogundari K. 2006, *Determinants of profit efficiency among small-scale rice farmers in Nigeria: a profit function approach*, A poster paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August. 12-18.
- Ogundele O.O., 2003, *Technology differentials and resource use efficiency in rice production in Kaduna State, Nigeria*. Unpublished Ph.D Thesis, Department of Agricultural Economics, University of Ibadan, Nigeria.
- Ojo S.O., 2003, Productivity and technical efficiency of poultry egg production in Nigeria, *Int. J. Poult. Sci.*, **2**,6, 459-464.
- Oren M. N. & Alemdar T., 2006, Technical efficiency analysis of tobacco farming in southeastern Anatolia, *Turkey J. Agric. For.*, **30**, 164-172.
- Oyebanji O.O., 2005, *Food security situation in Nigeria*. NSPFS, Kano 26-27, May
- Oyekan P.O., 1992, Effects of depth of planting in soybean seedling emergence in selected Nigeria soils, *Trop. Oil J.*, **1**, 9-15.
- Presidential Research and Communication Unit (PRCU), 2003, Recent development in the agricultural sector, May 7, 2003, 18: 19. Retrieved September 2, 2005 from <http://www.nigeriafirst.gov.ng>.
- Rogers E., 1995, *Diffusion of innovations (4th ed.)*. New York: The Free Press.
- Root M.A, Morr C.V. & Thomas R.L., 1987, West and Central Africa: Nigeria sets example for expansion of soybeans, in: S.R. Singh, K.O. Rachie & K.E. Dashiell.

M. A. Otitoju, Nigerian, PhD, Senior Scientific Officer, National Biotechnology Development Agency, Abuja, FCT, Nigeria.

G. M. Adebo, Nigerian, PhD, Senior Lecturer, Ekiti State University, Ado-Ekiti, Ekiti State, Nigeria.

C.J. Arene, Nigerian, PhD, Professor, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

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 región de Bruselas-Capital y de sus miembros; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM) y del apoyo del "Comisión de Cooperación para el desarrollo" de las "Academia de Investigación y de Enseñanza superior (ARES-CCD)", 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 de Cooperación para el desarrollo de las "Academia de Investigación y de Enseñanza superior (ARES-CCD)", la instancia de Cooperación Universitaria al Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Flamenca (VLIRUOS), 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 Ciencias Biomedicales del Instituto de Medicina tropical de Amberes (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)..

Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr J. Vercruyse, 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 ARES-CCD; del Profesor Honorario Dr S. Geerts, miembro representante de la ARSOM 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 P. Dorny para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaría trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

Secretaría de redacción

231, Avenue Louise, B- 1050 Bruxelles – Bélgica
Teléfono: ++32.(0)2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.(0)2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net, clouvet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.tropicultura.org>

GUÍA DE AUTORES

Contenido del manuscrito

Los temas de los artículos publicados en Tropicultura engloban todo lo relacionado con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en las regiones más cálidas del planeta. Se priorizarán aquellos artículos que presenten temas interesantes, con el mayor alcance posible, esto es, cuyo contenido se centre especialmente en aspectos metodológicos que puedan transponerse a una amplia selección de entornos y regiones del mundo. Tropicultura hace especial hincapié en la fiabilidad de las informaciones publicadas, por ejemplo: cuando se trate de artículos sobre resultados experimentales, se tendrán en cuenta sobre todo el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio que determinan los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no podrán haber sido presentados para su publicación de forma simultánea en ninguna otra revista científica. Los artículos podrán redactarse en uno de los siguientes cuatro idiomas: inglés, español, francés y neerlandés.

Procedimiento de presentación de manuscritos

Los manuscritos se enviarán al redactor jefe por correo tradicional en tres ejemplares en formato papel, o directamente como archivo adjunto al correo electrónico de la secretaría de redacción.

En la medida de lo posible, tras la aceptación del artículo para su publicación, el autor proporcionará su versión más actual, revisada y corregida, en formato electrónico. Se recomienda utilizar el programa Word, pero también se aceptarán los siguientes formatos de archivos: ASCII o RTF.

Estilo

Los manuscritos se redactarán en una sola cara, a doble espacio, utilizando la fuente Times New Roman 11, con un borde de 2,5cm en cada uno de los márgenes de la página impresa. Los manuscritos no superarán las doce páginas de texto (sin incluir la página de portada, los resúmenes ni las referencias bibliográficas).

La portada incluirá: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, su título, función, nacionalidad, dirección profesional completa y la dirección electrónica de cada uno de ellos, además de los agradecimientos, si procede. El apellido del autor correspondiente se marcará con "*" y su dirección se completará con su número de teléfono.

Las páginas que siguen a la página de portada incluirán:

- (i) los resúmenes (máx. 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de seis palabras clave como máximo en cada uno de los dos idiomas;
- (ii) el cuerpo del texto;
- (iii) la bibliografía;
- (iv) los cuadros/tablas numerados con cifras arábigas;
- (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número en su parte posterior si no se envían en formato electrónico;
- (vi) las leyendas de los cuadros/tablas y las ilustraciones.

Todas las páginas serán numeradas de manera seguida.

El texto se dividirá en varios capítulos principales (en general: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones) y la subdivisión de cada capítulo no superará los dos niveles (se aceptará un solo nivel por debajo del título de cada capítulo). Los títulos de los capítulos y los subtítulos de los párrafos deberán ser concisos y nunca se subrayarán.

Las referencias se citarán en el texto a través de un número entre paréntesis. En caso de que se citen varias fuentes, los números se sucederán por orden creciente.

Las ilustraciones se dibujarán de manera profesional. Las fotografías se entregarán sin montar, contrastadas y en papel brillante. Las fotos que se entreguen en formato .jpg deberán ser de buena calidad y tener al menos 300 píxeles por pulgada (dpi).

Los archivos excel de bases de datos, cuadros y gráficos deberán entregarse en el momento de remisión del manuscrito.

Las referencias bibliográficas se clasificarán por orden alfabético del nombre de los autores y por orden cronológico cuando se citen varias obras de un mismo autor. Las referencias se numerarán de forma seguida empezando por la número 1.

No se podrán indicar más de cincuenta referencias bibliográficas.

Para los artículos de revista, las referencias incluirán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de sus nombres, el año de la publicación, el título completo del artículo en el idioma original, el nombre de la revista, el número del tomo citado, los números de la primera y de la última página separados por un guión.

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

Para las monografías, los siguientes elementos se consideran esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de sus 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 y el número total de páginas de la obra.

Las actas de conferencias se considerarán como monografías; además deberán mencionar, cuando sea 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 págs. 613-632, en: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editores), Sphingolipids and allied disorders, Plenum, Nueva York, 205 págs.

Certificado de publicación

Con el objetivo de garantizar la originalidad del manuscrito y el acuerdo relativo a su publicación por parte de las instituciones de tutela de los autores, el autor principal deberá firmar y reenviar el certificado.

Derechos de reproducción

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá a los diferentes autores asociados al artículo que se comprometan a ceder sus derechos de publicación a Tropicultura.

Contribución a los gastos de publicación

El importe de la contribución de los autores a los gastos de publicación del artículo asciende a 200 euros. Antes de que se admita el artículo a trámite, el autor correspondiente deberá firmar y reenviar el certificado.

Lectores internacionales

En el momento de la entrega de los artículos, los autores tendrán que proponer los nombres de tres lectores de renombre internacional que puedan evaluar sus manuscritos.

Comité de Redacción

El Comité de Redacción se reserva el derecho de rechazar cualquier artículo que no sea conforme a las instrucciones anteriormente mencionadas. Los artículos serán enviados a uno o varios lectores elegidos por la redacción y los autores en ningún caso conocerán la identidad de estos lectores.

TROPICULTURA

2014 Vol. 32 N° 4

Four issues a year (October- November- December)

ORIGINAL ARTICLES

- Performance of Three Varieties of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Grown in Association with *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz in the Conditions of the Batéké Plateau (City-Province of Kinshasa, DRC) (*in French*)
B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai 158
- Response of Two Sunflower (*Helianthus* sp.) Varieties to Poultry Manure Fertilization on a Hapli-Humic Ferralsol at the Yongka Western Highlands Research Garden-Park (YWHRGP) Nkwen-Bamenda, Cameroon, Central Africa (*in French*)
B.P.K. Yerima, A.Y. Tiamgne & E. Van Ranst 168
- Safou Parasitism by *Tapinanthus* on Logbessou's plateau (Douala, Cameroon) (*in French*)
R. Mony, M. Tchatat, F. Massako & S.D. Dibong 177
- Economic Efficiency of Artisanal Fishing Households under Oil Pollution Environment in the Niger Delta Region of Nigeria (*in English*)
T.M. Gbigbi & A.A. Enete 183
- Influence of the Conservation Mode of *Jatropha curcas* L. oil on its Efficacy in the Control of Major Insect Pests of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L. Walp) in Niger (*in French*)
Z. Abdoul Habou, T. Adam, G. Mergeai, E. Haubruge & F.J. Verheggen 191
- Identification and Stochastic Analysis of Factors Influencing Technical Inefficiency of Nigerian Smallholder Soybean Farmers (*in English*)
M.A. Otitoju, G.M. Adebo & C.J. Arene 197

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

