

Etude des possibilités de production de *Jatropha curcas* L. dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz en association avec le maïs (*Zea mays* L.) et le soja (*Glycine max* (L.) Merr.) dans les conditions du Plateau des Batéké à Kinshasa

J.D. Minengu^{1*}, P. Mobambo¹ & G. Mergeai²

Keywords: *Jatropha*- Food crops- *Stylosanthes*- Yield- Kinshasa- DR Congo

Résumé

Une expérience a été réalisée entre juillet 2009 et fin décembre 2012 sur le Plateau des Batéké à proximité de Kinshasa en vue d'évaluer l'impact de l'association de *Jatropha curcas* L. avec des cultures vivrières à cycle court (maïs *Zea mays* L. et soja *Glycine max* (L.) Merr.) dans un couvert permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz. Les treize objets comparés se composaient de la rotation maïs – maïs – soja en culture pure et de douze objets avec *J. curcas* combinant: (1) la culture de *J. curcas* en pur ou en association avec *S. guianensis*, (2) trois densités de plantation de *J. curcas* (3 333, 2 500, ou 1 667 arbustes ha⁻¹) et (3) l'association ou non de *J. curcas* avec une culture annuelle à cycle court (rotation maïs - maïs, soja). Le développement végétatif et le rendement des cultures vivrières et de *J. curcas* ont été plus élevés dans les parcelles avec couverture permanente de *S. guianensis*. Le rendement le plus élevé de *J. curcas* en 3^{ème} année de production (récoltes de juillet et de décembre 2012) était de 409,4±13,2 kg de graines sèches ha⁻¹ dans les parcelles avec *S. guianensis* et de 289,6±8,1 kg ha⁻¹ dans les parcelles sans couverture végétale permanente. La gravité des dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas* a été plus élevée en culture pure (>60%) qu'en association culturale (<45%). La culture de *J. curcas* dans un couvert permanent de *S. guianensis* en association avec des cultures de maïs et de soja permet d'assurer à la fois un bon développement des arbustes et des rendements intéressants des cultures vivrières pendant les premières années qui suivent l'installation de la plantation. Au cours de cette phase, la densité de plantation optimale est de 2 500 arbustes ha⁻¹.

Summary

Study of the Production Possibilities of *Jatropha curcas* L. in Permanent Cover of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz in Association with Maize (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under the Conditions of the Batéké Plateau in Kinshasa

An experiment was carried out between July 2009 and December 2012 on the Batéké Plateau near Kinshasa to assess the impact of the intercropping of *Jatropha curcas* L. with short-cycle food crops (maize *Zea mays* L. and soybeans *Glycine max* (L.) Merr.) in a permanent cover of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz. The thirteen compared treatments consisted in the rotation corn – corn – soybean in pure stand and twelve combinations involving the cultivation of *J. curcas*: (1) *J. curcas* in sole crop or in association with *S. guianensis*, (2) three *J. curcas* planting densities (3 333, 2 500, or 1 667 shrubs ha⁻¹) and (3) *J. curcas* sole cropped or associated with a short-cycle annual crop (rotation corn - corn, soybean). Vegetative development and seed yield of food crops and *J. curcas* were higher in plots with permanent *S. guianensis* cover. The highest mean yield of *J. curcas* in the 3rd year of production (harvests of July and December 2012) was 409.4±13.2 kg ha⁻¹ dry seeds in plots with *S. guianensis* cover and 289.6±8.1 kg ha⁻¹ in plots without mulch. The gravity of the damage of insect pests on *J. curcas* was higher in sole cropping (>60%) than in intercropping (<45%). The cultivation of *J. curcas* in a permanent cover of *S. guianensis* in intercropping with maize and soybean ensures both a good development of *J. curcas* plants and attractive yields of annual food crops in

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Kinshasa, RD Congo.

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

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

the early years following the installation of the plantation. During this phase, the optimum planting density is 2 500 shrubs ha⁻¹.

Introduction

Au cours de ces dernières années, une attention considérable a été accordée à la culture de *Jatropha curcas* L. en tant que source de matière première pour la production d'agrocarburants (16). Une demi-douzaine de plantations de *J. curcas* ont été mises en place dans la partie rurale de Kinshasa sur des sols très peu fertiles. Les faibles rendements obtenus, le coût très élevé des intrants (engrais et insecticides) et les faibles quantités de graines récoltées par journée de travail sont les principales causes du faible revenu généré par la culture pure de *J. curcas* dans la région (18). Aucun produit comestible n'est actuellement obtenu avec les variétés de *J. curcas* cultivées en RDC, et l'extension de sa culture pure sur de grandes surfaces peut constituer une menace pour la sécurité alimentaire des populations. De plus, plusieurs auteurs ont constaté que la durée nécessaire avant l'entrée en pleine production de *J. curcas* était supérieure à 5 ans (2, 13, 26). L'absence de revenu pendant une période aussi longue n'étant pas envisageable pour la grande majorité des petits planteurs, la culture de plantes vivrières à cycle court dans les interlignes de *J. curcas* est souvent pratiquée dans d'autres parties du monde (10, 25). Les associations culturales les plus fréquemment observées sur le Plateau des Batéké à Kinshasa sont manioc (*Manihot esculenta* Crantz) – maïs, manioc – soja (*Glycine max* (L.) Merr.), maïs – arachide (*Arachis hypogaea* L.) et manioc – niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Parmi ces cultures, le manioc est sensible à certains des bioagresseurs qui s'attaquent aux plantes de *J. curcas* (maladies virales, cochenilles) et ne convient donc pas à la culture associée avec ce dernier (11). Après le manioc, le maïs est la principale denrée alimentaire produite en République Démocratique du Congo (RDC), et sa culture est principalement réalisée par des exploitations paysannes de très petite taille, centrées sur la sécurité alimentaire familiale (8).

Le niébé, l'arachide et le soja sont des cultures très importantes au point de vue nutritionnel du fait de leur teneur élevée en protéines. Grâce à leur capacité de fixer l'azote atmosphérique via la symbiose rhizobienne, elles sont également importantes pour la durabilité des systèmes de production où elles entrent dans de nombreuses associations ou rotations culturales (8). La sédentarisation de l'agriculture par l'abandon de la jachère s'accompagne souvent d'une diminution de la fertilité des sols sous les tropiques et plus particulièrement dans les zones humides (12). Le déclin rapide de la fertilité des sols du Plateau des Batéké est provoqué par une fertilité initiale déjà très faible, une décomposition rapide de la matière organique et le lessivage des éléments nutritifs provoqués par des précipitations intenses. La culture de différentes spéculations annuelles (manioc, riz, maïs) sans travail du sol, en semis direct dans un couvert végétal permanent de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz (ci-après dénommé *Stylo*) a permis d'améliorer la fertilité de sols très pauvres et acides dans des régions de moyenne altitude à Madagascar (14). Dans ce système, le rôle du couvert de *Stylo* est de produire une biomasse destinée à protéger le sol en permanence et à empêcher la lixiviation des éléments nutritifs hors de portée des racines des plantes cultivées en les remontant continuellement vers l'horizon supérieur du substrat. De manière à maintenir un tapis de végétation protectrice en surface, le semis des cultures commerciales s'effectue directement sans travailler le sol. Dans toute association culturale, la disposition et la densité des plantes des espèces cultivées conjointement doivent tenir compte des exigences de chaque espèce végétale afin de réduire la compétition entre les composantes (9). Il y a peu d'informations scientifiques sur les impacts de l'association de *J. curcas* avec les cultures vivrières à cycle court sur couvert permanent d'une légumineuse.

L'objectif de la présente recherche est d'évaluer les possibilités de production de cultures vivrières traditionnelles de la région (maïs et soja) en culture continue dans un couvert permanent du sol avec *S. guianensis* et en association avec la culture de *J. curcas*.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude a été réalisée à Mbankana (4°47' de latitude Sud, 16°12' de longitude Est et à 684 m d'altitude). L'essai a été installé sur défrichement d'une jachère de six ans dans un sol très pauvre, constitué de 94,2% de sable et de 1,1% d'humus. Le climat est de type AW₄ selon la classification de Köppen. Ce climat tropical humide se distingue par une saison des pluies s'étendant de la mi-septembre à la mi-mai qui est subdivisée en deux saisons culturales (A et B) séparées, de la mi-janvier à la mi-mars, par une petite saison sèche. La grande saison sèche dure, quant à elle, quatre mois, de la mi-mai à la mi-septembre (6). Les relevés climatiques de la zone d'étude (Mbankana) pour la période 2009-2012 fournis par l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METELSAT) de la RDC sont repris au tableau 1.

Les formations végétales du Plateau des Batéké se composent principalement de savanes arbustives alternant avec des savanes herbeuses (26).

Tableau 1

Relevés climatiques pour la période 2009-2012.

Années	Température moyenne/an (°C)	Pluviométrie (mm)/an	Humidité relative moyenne/an (%)
2009	25,4	1647,1	84,6
2010	24,8	1290,7	80,6
2011	24,7	2078	82
2012	25,2	1383,6	81,4

Source : METELSAT-RDC

Matériel végétal

Les plantes de *J. curcas* installées proviennent de graines récoltées sur un arbuste subspontané de la province du Kasai occidental. La plantation en plein champ a été précédée par une phase de culture en pépinière pendant 3 mois (du 8 juillet au 13 octobre 2009). La couverture permanente du sol a été réalisée avec la variété 202cc de *S. guianensis*.

Les semences de maïs et de soja, provenant de populations locales du Plateau des Batéké, ont été utilisées pour réaliser les cultures intercalaires.

Méthodes

Plantation

Les plantes de *J. curcas* ont été mises en place le 15 octobre 2009, au début de la saison culturale A (grande saison des pluies qui va de septembre à décembre) aux densités de 3 333, 2 500 et 1 667 arbustes ha⁻¹ (écartements de 2 m x 1,5 m; 2 m x 2 m; 3 m x 2 m) sur un terrain préalablement labouré et hersé. L'essai a été installé selon un dispositif expérimental en blocs complets randomisés (blocs de Fisher) avec 13 objets répétés trois fois. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 48 m² (8 m x 6 m) et était séparée de ses voisines par une distance de 3 m. *Stylosanthes guianensis* a été semé le 17 novembre 2009 dans les interlignes de *J. curcas* à l'écartement de 30 cm x 30 cm. Les cultures de maïs et de soja ont été semées chaque année en saison A (1^{ère} semaine du mois d'octobre) à partir de 2010 entre les lignes de *J. curcas* respectivement aux écartements de 0,50 m x 0,50 m et 0,30 m x 0,30 m. Les densités de semis du maïs et du soja en association avec *J. curcas* et en culture pure sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2

Densité du maïs et du soja.

Parcelle	Densité maïs (plants ha ⁻¹)	Densité soja (plants ha ⁻¹)
De 3 333 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	40 200	83 500
De 2 500 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	40 200	83 500
De 1 667 plants <i>Jatropha</i> ha ⁻¹	41 580	88 176
Plante vivrière	50 000	111 111

Entretien de la plantation

Trois tailles ont été réalisées en saison sèche (août) sur les plantes de *J. curcas* à raison d'une taille an⁻¹. La première taille a consisté à pincer la tige principale pour favoriser le débournement des bourgeons latéraux. Les deux tailles suivantes ont consisté à couper les branches formées à 10 cm de leur sommet pour former de nouvelles ramifications.

Les plantes de *S. guianensis* ont été recepées afin de limiter la concurrence qu'elles exercent vis-à-vis des plantes de *J. curcas* tout en maintenant un couvert végétal sur le sol.

Pour permettre la réinstallation de *S. guianensis* par semis naturel, un seul recepage de la plante a été réalisé au cours de la première année de culture, en août 2010 (8 mois après le semis). A partir de cette date, *S. guianensis* a été rabattu tous les quatre mois. Avant le démarrage de la grande saison sèche, un paillis issu du rabattage de *S. guianensis* est appliqué au pied de chaque arbuste pour améliorer l'économie en eau du sol. Trois traitements au diméthoate (E.C. 40%, 1 litre ha⁻¹ à chaque pulvérisation) ont été appliqués lors de la première année de culture (respectivement en février, juin et septembre). En vue d'évaluer l'impact de l'association culturale sur la gravité des dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas*, un seul traitement insecticide a été appliqué chaque année au mois de septembre à partir de 2011. L'installation de *S. guianensis* a empêché le développement des adventices (*Digitaria* sp., *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv., *Cynodon dactylon* L., etc.) dans les parcelles où il était semé, et les sarclages (3 fois an⁻¹) ont été réalisés seulement dans les parcelles sans *Stylo*.

Objets testés

Les objets ou traitements testés au cours de l'essai sont : T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13: plante vivrière.

Observations

Les observations ont porté sur les paramètres végétatifs et sur les composantes du rendement de *J. curcas* ainsi que des cultures vivrières.

Le diamètre au collet, la hauteur des plantes et le nombre de ramifications de *J. curcas* ont été mesurés en décembre 2012 sur toutes les plantes de chaque parcelle. La gravité des attaques des insectes ravageurs a été évaluée en calculant la proportion de feuilles présentant des dégâts. Ce sont les feuilles de la 3^{ème} branche à partir du collet de cinq plantes de chaque parcelle choisies au hasard qui ont servi pour évaluer la gravité. L'évaluation a été effectuée pendant la période de culture des plantes vivrières (d'octobre à décembre) de 2010 à 2012. Le rendement ha⁻¹ en graines sèches de *J. curcas* a été estimé à partir de la production de l'ensemble des plantes de chaque parcelle élémentaire. *J. curcas* a commencé à produire dès la saison B (petite saison des pluies qui va de mars à mai) qui a suivi sa mise en place. Un pic de production étant observé par saison culturale, les données annuelles de rendement présentées concernent respectivement les saisons B et A (A: grande saison des pluies qui va de septembre à décembre) des années 2010, 2011 et 2012. Pour les cultures vivrières, le développement végétatif (diamètre au collet et hauteur) a été mesuré sur toutes les plantes de chaque parcelle et le rendement a été évalué à partir de la production de toute la parcelle. Le *Stylo* a été coupé à la cisaille au niveau de placettes de 1 m² de superficie, le poids total a été pesé et un échantillon de 300 g a été prélevé à chaque recepage puis amené au laboratoire pour l'évaluation à l'étuve de la matière sèche (MS).

Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse statistique des données obtenues ont été réalisés avec Excel 2010 et Minitab 16. Le test de la plus petite différence significative au seuil de probabilité de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes des traitements. Le «Land Equivalent Ratio» de chaque association culturale comparée a été calculé selon la méthode proposée par Mead et Willey (17), en tenant compte des rendements annuels des cultures en pur et en association. Le Taux de Surface Equivalente (TSE) appelé Land Equivalency Ratio (LER) en anglais, permet de comparer l'efficacité biologique des associations culturales à celle des cultures pures.

Résultats et discussion

Développement végétatif de *J. curcas*

L'analyse de la variance a montré des différences significatives entre les traitements appliqués ($P < 0,05$). En 3^{ème} année de culture, les plantes de *J. curcas* installées sur couvert permanent de *S. guianensis* présentaient des valeurs moyennes significativement plus élevées que les autres pour les trois paramètres considérés pour caractériser le développement végétatif (tableau 3).

En cas d'association avec *S. guianensis*, avec ou sans présence de cultures annuelles, les plantes de *J. curcas* installées à la densité de 3333 plantes ha⁻¹ (2 m x 1,5 m) étaient en moyenne plus petites et moins ramifiées que celles plantées à raison de 1 667 plantes ha⁻¹ (3 m x 3 m). Les différences observées n'étaient cependant significatives ($P < 0,05$) qu'entre les densités les plus élevées (T1 et T4) vis-à-vis de l'objet T3 (1 667 plantes ha⁻¹ + *Stylo*). La ramification observée chez *J. curcas* cultivé dans un couvert permanent de *S. guianensis*

a varié entre 21,9±3,0 et 28,1±5,3 branches arbuste⁻¹. Par contre, les plantes des parcelles sans couvert végétal permanent ont présenté un niveau de ramification qui n'a pas dépassé les 20 branches arbuste⁻¹. La hauteur des plantes n'a pas atteint les 2 m, que ce soit dans les parcelles avec ou sans *Stylo*. L'effet bénéfique du couvert de *S. guianensis* peut s'expliquer par la quantité d'azote (70 à 200 kg ha⁻¹) qu'il apporte au sol (14) et par le rôle protecteur joué par son paillis (14). On peut donc en déduire que l'azote libéré par *S. guianensis* était à dominance ammoniacale (NH₄), favorisant ainsi l'enracinement ainsi que la ramification de la partie aérienne. Kwetche Sop et al. (14) ont observé un faible développement végétatif de *J. curcas* sur un sol dégradé au Burkina Faso et une amélioration de croissance a été enregistrée avec l'apport de la matière organique. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Ariza-Montobbio et al. (3) et Chandra Pandeya et al., (7) en Inde qui montrent que la croissance de *J. curcas* sur sol pauvre est généralement faible.

Tableau 3

Développement végétatif de *J. curcas* à 42 mois.

Traitements	Diamètre (cm)	Hauteur (m)	Ramifications
T1	8,9±0,8 ^a	1,4±0,2 ^{bc}	26,1±3,7 ^{ab}
T2	9,2±0,6 ^a	1,5±0,3 ^{ab}	25,2±3,5 ^{abc}
T3	9,2±0,4 ^a	1,6±0,3 ^a	28,1±5,3 ^a
T4	8,6±0,3 ^a	1,4±0,3 ^{bc}	21,9±3,0 ^{bcd}
T5	9,2±0,5 ^a	1,5±0,4 ^{abc}	26,1±4,9 ^{ab}
T6	9,1±0,6 ^a	1,5±0,1 ^{ab}	27,1±6,9 ^{ab}
T7	7,6±0,4 ^b	1,4±0,3 ^{bc}	20,3±5,2 ^{cd}
T8	7,7±0,2 ^b	1,5±0,1 ^{abc}	20,2±6,4 ^{cd}
T9	7,8±0,1 ^b	1,3±0,1 ^c	19,7±6,8 ^d
T10	7,6±0,5 ^b	1,3±0,3 ^c	18,5±2,0 ^d
T11	7,8±0,4 ^b	1,4±0,1 ^{bc}	17,9±4,70 ^d
T12	7,7±0,2 ^b	1,3±0,4 ^c	19,1±4,24 ^d
T12	7,8±0,1 ^b	1,3±0,1 ^c	19,7±6,8 ^d

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 4Développement végétatif des plantes vivrières associées à la culture de *J. curcas*.

Traitements	Développement végétatif du maïs en saison A 2010		Développement végétatif du maïs en saison A 2011		Développement végétatif du Soja en saison A 2012	
	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)	Diamètre au collet (cm)	Hauteur (m)
T1	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T5	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T6	-	-	3,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
T7	-	-	-	-	-	-
T8	-	-	-	-	-	-
T9	-	-	-	-	-	-
T10	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b
T11	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
T12	2,6±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
T13	2,7±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	2,4±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	1,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13: plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Dans ce type de terre, la mise au point de techniques permettant une amélioration durable à moindre coût de la fertilité des sols est indispensable pour permettre de cultiver rentablement *J. curcas*.

Développement du maïs et du soja

La couverture du sol avec *S. guianensis* a influencé la hauteur et le diamètre au collet du maïs et du soja (Tableau 4). Lors de la saison culturale A de 2010, le maïs semé dans le couvert de *S. guianensis* installé depuis novembre 2009 ne s'est pas bien développé. Les quelques plantes qui ont réussi à lever ont jauni et sont mortes dans les 40 jours qui ont suivi le semis.

Le développement précoce des plantules de *S. guianensis* issues d'un semis naturel des graines produites la première année de culture et la concurrence exercée par celles-ci sur le maïs constituent une explication possible du mauvais développement de ce dernier. Dans les parcelles sans couverture végétale, le diamètre moyen des tiges de maïs était de 2,6±0,2 cm et leur hauteur

moyenne était de 1,3±0,2 m. En 2011 et 2012, on a constaté un développement végétatif plus important des plantes vivrières cultivées en association avec *S. guianensis* que pour celles cultivées sans *Stylo*, que ce soit en culture pure ou en association avec les plantes de *J. curcas*. Au sein des objets avec et sans *Stylo*, la densité de plantation de *J. curcas* n'a pas influencé significativement la hauteur et le diamètre au collet des plantes vivrières. Le sol du Plateau des Batéké étant très pauvre en éléments nutritifs (18), l'installation de *S. guianensis* permet de l'enrichir en azote et en phosphore (14) dont le maïs a besoin pour son développement. Le soja associé à la culture de *J. curcas* en 2012 avait atteint une hauteur de 0,6±0,0 m et un diamètre au collet de 1,3±0,4 cm dans les parcelles avec *Stylo*. Vu le faible développement végétatif aérien atteint par *J. curcas* 42 mois après son semis en pépinière, les densités de plantation de 1 667 et de 2 500 arbustes ha⁻¹ n'ont pas montré d'effets négatifs sur le développement des cultures vivrières associées.

Sharma (24) indique que la croissance aérienne chez *J. curcas* est verticale plutôt qu'horizontale et, par conséquent, n'interfère pas beaucoup sur le développement des cultures annuelles associées lorsqu'il est installé à une densité adaptée à l'association culturale. Reubens *et al.* (23) et Barbier *et al.* (4), ont cependant mis en évidence un développement latéral et superficiel important des racines de plantes de *J. curcas* âgées de plus de 6 ans. Il est donc probable que la concurrence exercée par celles-ci sur les cultures vivrières qui leur sont associées augmente sensiblement avec le temps. Les difficultés de développement du maïs au cours de la première année de culture de *J. curcas* mettent en évidence les conditions marginales des sols du plateau des Batéké. L'installation du maïs la première année de culture dans ce genre de sol n'est pas recommandée. La mise au point d'un dispositif de plantation adapté pour optimiser la production de ce type d'association culturale nécessite la réalisation de recherches complémentaires.

Rendement en graines sèches de *J. curcas*

Les rendements en graines sèches de *J. curcas* ont montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les objets pour les trois années de production considérées (Tableaux 5, 6 et 7). Le rendement obtenu en 2010 (somme des productions des saisons B et A) a été inférieur à 60 kg de graines sèches ha^{-1} pour tous les objets comparés. Les parcelles couvertes par *S. guianensis* (T1 à T6) ont donné une production très faible qui a varié entre $16,5 \pm 3,7$ et $34,1 \pm 4,9$ kg de graines sèches ha^{-1} . Ceci peut s'expliquer par l'importance de la concurrence exercée par *S. guianensis* sur *J. curcas* au début de son cycle lorsque les deux spéculations sont mises en place à seulement quelques semaines d'intervalle au début de la grande saison des pluies et qu'aucun rabattage de *S. guianensis* n'est réalisé jusqu'à la grande saison sèche suivante. Des essais devront être menés pour déterminer quel est le moment optimal d'installation de *S. guianensis*. Des rendements de $36,3 \pm 3,6$ à $53,1 \pm 7,0$ kg de graines sèches ha^{-1} , ont été obtenus sur les parcelles sans couverture permanente de *Stylo* (T7 à T12).

Dans les deux systèmes (avec et sans couverture du sol), la densité de plantation a été l'élément déterminant du rendement. Ce sont les parcelles avec une densité de plantation élevée de *J. curcas* ($3\ 333$ arbustes ha^{-1}) qui ont donné les rendements les plus élevés lors de la première année de production. En 2011, on constate de meilleurs rendements pour les parcelles avec couvert de *S. guianensis* (avec et sans maïs associé). Pour chacune des deux autres grandes modalités de culture comparées (avec et sans maïs), le meilleur rendement est observé pour la densité de plantation la plus forte, aussi bien dans les parcelles avec *Stylo* (T1= $263,5 \pm 8,1$ kg de graines ha^{-1} , T4= $254,8 \pm 9,2$ kg de graines ha^{-1}) que dans celles sans *Stylo* (T10= $196,4 \pm 7,2$ kg de graines ha^{-1} , T11= $179,5 \pm 9,7$ kg de graines ha^{-1}). En 2012, l'effet bénéfique du couvert de *S. guianensis* se confirme aussi bien dans les objets avec soja que dans ceux sans soja. Dans les parcelles avec *Stylo* (avec et sans soja), le meilleur rendement est obtenu pour la densité de 2 500 plantes par ha (T2= $409,4 \pm 13,2$ kg de graines ha^{-1} , (T5= $357,6 \pm 7,3$ kg de graines ha^{-1}). Dans les parcelles sans *Stylo* et sans soja, le meilleur rendement est obtenu pour la densité de 2 500 plantes ha^{-1} (T8= $261,2 \pm 6,0$ kg de graines ha^{-1}), alors que dans les parcelles sans *Stylo* et avec soja, c'est la densité de 3 333 plantes ha^{-1} qui donne le meilleur résultat (T1= $289,6 \pm 8,1$ kg de graines ha^{-1}). Des résultats similaires concernant l'effet de la densité ont été obtenus par Singh *et al.* (25) en Inde. L'association de *J. curcas* avec du soja ne se traduit pas par une chute du rendement pour les deux densités de plantation extrêmes ($1\ 667$ et $3\ 333$ plantes ha^{-1}) par rapport à la culture de *J. curcas* sans soja. La densité de 2 500 plantes ha^{-1} est celle qui permet d'obtenir le rendement le plus élevé pour *J. curcas* lors de la 3^{ème} année de production, quels que soient les traitements auxquels elle est combinée. Bien qu'il soit largement rapporté que *J. curcas* puisse prospérer sur des terres marginales, tous les travaux de recherche récents montrent que la production des graines et le rendement en huile sont faibles quand il est cultivé dans des sols pauvres (29).

Tableau 5
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement maïs (kg/ha) en saison A 2010	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saisons A et B 2010	L.E.R. association 2010 ⁽¹⁾
T1	-	32,2±6,5 ^{ed}	0,7
T2	-	25,8±4,8 ^{de}	0,6
T3	-	18,2±9,2 ^{ef}	0,4
T4	0	34,1±4,9 ^{cd}	0,7
T5	0	29,7±5,3 ^d	0,6
T6	0	16,5±3,7 ^f	0,4
T7	-	53,1±7,0 ^a	1,1
T8	-	46,4±4,1 ^{ab}	1
T9	-	41,6±7,7 ^{bc}	0,9
T10	346,7±6,7 ^c	49,7±6,5 ^{ab}	1,8
T11	332,5±4,5 ^c	42,2±5,1 ^{bc}	1,6
T12	454,6±3,9 ^b	36,3±3,6 ^{cd}	1,7
T13	481,3±11,0 ^a	-	1

Légende: T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T13 : plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

¹Afin de pouvoir comparer les LER obtenus sur les 3 années de l'essai en considérant la densité de plantes de *J. curcas* la plus adéquate pour la zone d'étude, la valeur de 1 a été attribuée pour la production de graines de *J. curcas* à la densité de 2500 plantes ha⁻¹

Tableau 6
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement maïs (kg/ha) en saison A 2011	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saisons A et B 2011	L.E.R. association 2011 ⁽¹⁾
T1	-	263,5±8,1 ^a	2,3
T2	-	227,7±11,5 ^c	2
T3	-	203,0±10,2 ^e	1,8
T4	658,3±8,1 ^b	254,8±9,2 ^b	5,4
T5	664,6±5,8 ^b	232,2±8,0 ^e	5,3
T6	786,5±4,8 ^a	215,0±7,1 ^d	5,7
T7	-	135,8±7,9 ^h	1,2
T8	-	114,1±6,8 ⁱ	1
T9	-	103,2±7,3 ^j	0,9
T10	167,1±6,6 ^e	196,4±7,2 ^e	2,5
T11	183,6±10,2 ^d	179,5±9,7 ^e	2,5
T12	198,7±7,9 ^{cd}	152,2±7,4 ^g	2,3
T13	206,3±6,2 ^c	-	1

Légende: (voir légende du tableau 5).

Tableau 7
Rendement et taux de surface équivalente (TSE) ou
Land equivalency ratio (LER)

Traitements	Rendement soja (kg/ha) en saison A 2012	Rendement <i>Jatropha</i> (kg/ha) en saison A et B 2012	L.E.R. association 2012
T1	-	308,2±10,0 ^d	1,1
T2	-	409,4±13,2 ^a	1,5
T3	-	306,5±9,1 ^d	1,1
T4	648,8±9,2 ^b	335,9±10,5 ^c	2,7
T5	637,5±6,4 ^c	357,6±7,3 ^b	2,8
T6	723,6±7,3 ^a	311,4±9,1 ^d	2,8
T7	-	240,3±9,6 ^a	0,9
T8	-	261,2±6,0 ^f	1
T9	-	248,7±8,0 ^a	0,9
T10	389,2±4,6 ^a	289,6±8,1 ^e	2
T11	408,7±5,3 ^f	225,0±8,1 ^h	1,7
T12	475,6±6,1 ^d	247,1±1,9 ^a	2
T13	439,2±5,0 ^e	-	1

Légende: (voir légende du tableau 5).

Dans ce type de milieu, Singh *et al.* (25) ont montré que la concurrence des plantes de *J. curcas* vis-à-vis des cultures annuelles qui leur sont associées est forte et que l'apport de fertilisants est nécessaire pour permettre d'obtenir des rendements satisfaisants (25). Les rendements obtenus dans cette étude sont inférieurs aux chiffres de 900 kg des graines sèches avancés par Wahl *et al.* (28) dans les plantations de 4 ans en Afrique. L'application de trois traitements insecticides an⁻¹ (diméthoate 40%), aurait sans doute permis d'obtenir des rendements plus élevés.

Rendement du maïs et du soja

Les rendements du maïs et du soja ont été significativement influencés par la densité de plantation de *J. curcas* et la présence ou non de la plante de couverture (Tableaux 5, 6 et 7). En 2010, le maïs semé sur les parcelles couvertes par *S. guianensis* n'a pas levé ou a dépéri dans les 40 jours qui ont suivi le semis (voir paragraphe Développement du maïs et du soja). Les parcelles sans plante de couverture ont donné un rendement qui a varié entre 332,5±4,5 et 481,3±11,0 kg de grains secs ha⁻¹. Ce rendement équivaut à environ la moitié de la moyenne obtenue dans la région qui s'élève à 0,8 tonnes ha⁻¹ avec des variétés locales et sans application d'engrais dans un sol d'ouverture d'une jachère d'au moins 10 ans (8).

Cette faible performance du maïs sans couverture du sol par *S. guianensis* met en évidence la très faible fertilité du sol de la parcelle d'essai. En 2011, les parcelles couvertes par *S. guianensis* ont donné un rendement moyen de maïs de 703,1±72,2 kg des grains secs ha⁻¹, contre 188,9±17,3 kg ha⁻¹ pour les parcelles sans plante de couverture. Dans ces dernières, le rendement en maïs ha⁻¹ a donc été divisé par deux par rapport à celui de 2010. Les meilleures performances observées dans les parcelles couvertes par *S. guianensis* peuvent s'expliquer par la capacité de *S. guianensis* à fixer de grandes quantités d'azote, à prélever le phosphore du sol et à recycler les bases (en particulier le calcium) ainsi que les oligoéléments (B, Cu, Zn et surtout Mn) (14). En 2012, les rendements en soja étaient également plus élevés dans les parcelles avec *S. guianensis* (669,9±46,7 kg de graines sèches ha⁻¹) que celles sans couverture végétale (428,2±37,7 kg de graines sèches ha⁻¹). Que ce soit dans les parcelles avec ou sans *Stylo*, on constate une augmentation du rendement de la culture vivrière quand la densité de plantation de *J. curcas* diminue. L'écart entre les rendements les plus élevés et les plus faibles se situe entre 10 et 16%. Le rendement de la parcelle témoin de soja (T13) est de loin inférieur à celui obtenu dans les parcelles où il a été associé avec *J. curcas* et la plante de couverture.

Tableau 8Gravité des attaques d'*Apthona* sp. et de *Stomphastis thraustica* sur *J. curcas* (%).

Traitements	1 ^{ère} année de culture 2010		2 ^{ème} année de culture 2011		3 ^{ème} année de culture 2012	
	Apthona	Stomphastis	Apthona	Stomphastis	Apthona	Stomphastis
T1	83,6±4,3 ^a	63,5±3,5 ^{bc}	76,1±6,3 ^a	58,1±4,7 ^{bc}	77,3±3,9 ^{ab}	63,2±6,6 ^a
T2	79,2±3,6 ^a	65,1±5,1 ^{abc}	71,2±3,1 ^b	56,9±3,4 ^c	80,4±3,5 ^{ab}	59,5±3,5 ^a
T3	81,4±7,2 ^a	61,0±5,5 ^c	65,9±4,4 ^c	60,6±6,9 ^{ab}	75,5±4,1 ^{ab}	60,2±6,2 ^a
T4	78,5±4,9 ^a	67,8±3,0 ^{abc}	42,2±2,1 ^d	24,4±2,7 ^{de}	34,9±6,4 ^d	37,8±3,2 ^b
T5	83,0±6,4 ^a	68,7±2,9 ^{ac}	39,5±7,9 ^{de}	21,3±5,3 ^f	39,1±5,3 ^{cd}	40,4±5,2 ^b
T6	77,2±3,3 ^a	70,6±3,1 ^a	40,7±2,0 ^d	26,7±3,3 ^d	35,2±7,0 ^d	39,1±3,6 ^b
T7	81,1±4,1 ^a	68,8±4,5 ^{ab}	70,1±1,8 ^b	57,2±7,1 ^c	77,4±4,1 ^{ab}	64,4±5,6 ^a
T8	82,3±6,1 ^a	65,6±3,6 ^{abc}	73,3±4,9 ^{ab}	61,7±4,1 ^a	79,2±3,6 ^{ab}	62,6±4,2 ^a
T9	78,4±7,6 ^a	69,3±6,6 ^{ab}	75,7±3,2 ^b	59,1±5,2 ^{abc}	81,1±4,3 ^a	61,5±7,3 ^a
T10	39,5±6,1 ^b	28,4±5,2 ^d	36,1±5,4 ^e	21,9±5,1 ^{ef}	40,6±2,7 ^{cd}	34,2±4,3 ^b
T11	36,1±6,6 ^b	30,1±4,6 ^d	39,5±3,6 ^{de}	25,1±3,8 ^d	37,6±3,2 ^{cd}	32,3±3,6 ^b
T12	40,5±5,6 ^b	26,9±6,5 ^d	38,5±3,8 ^{de}	27,0±6,4 ^d	42,1±5,0 ^c	36,6±2,6 ^b

Légende : T1: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T2: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T3: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo*, T4: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T5: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T6: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + *Stylo* + plante vivrière, T7: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹), T8: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹), T9: *Jatropha* (1667 plants ha⁻¹), T10: *Jatropha* (3 333 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T11: *Jatropha* (2 500 plants ha⁻¹) + plante vivrière, T12: *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹) + plante vivrière.

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart types des moyennes. Les valeurs affectées d'une même lettre en exposant sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5%.

L'augmentation de la taille des plantes de *J. curcas* avec le temps devrait se traduire par un accroissement de la concurrence exercée par celles-ci vis-à-vis des cultures vivrières. Le choix de la densité de plantation la plus adéquate devra prendre en compte la rentabilité financière de chaque système de culture. Compte tenu du prix auquel on peut actuellement espérer vendre les graines de *J. curcas* (0,125 USD kg⁻¹), il vaut sans doute mieux opter pour un dispositif permettant de produire également des denrées vivrières sur le long terme. Le rôle de *S. guianensis* pour maintenir en continu un rendement satisfaisant des plantes vivrières devrait être étudié.

Performances globales des systèmes de culture comparés

En considérant la densité de plants de *J. curcas* qui semble la mieux adaptée aux conditions de culture de la zone d'étude (2 500 plants ha⁻¹) comme référence pour calculer les LER correspondant aux rendements obtenus lors des trois années de l'essai (Tableaux 6, 7 et 8), on constate que la meilleure productivité de la terre a été obtenue pour les traitements où la culture de *J. curcas* était combinée avec celle du *Stylo* et d'une culture de maïs ou de soja. Ainsi, en troisième année de production

(2012) de *J. curcas* (tableau 7), 1 hectare de l'association *Jatropha* (1 667 plants ha⁻¹ ou 2 500 plants ha⁻¹) + *Stylo* + soja produit autant que 2,8 hectares des cultures pures de *J. curcas* et de soja. Les valeurs de LER atteignaient au moins 5 en deuxième année de production en cas d'association du *J. curcas* avec du *Stylo* et du maïs. De tels niveaux de performances s'expliquent par la forte amélioration de la fertilité du sol qu'apporte la culture de *S. guianensis*. Des recherches doivent donc être réalisées de façon à optimiser les interactions positives de cette association tout en minimisant les interactions négatives. Avec le développement des plantes de *J. curcas*, il sera opportun d'opter pour la production de cultures se développant bien en milieu semi-ombragé, et de privilégier certaines pratiques qui redonnent de la lumière aux cultures, comme la taille des plantes de *J. curcas*.

Gravité des dégâts des principaux insectes ravageurs de *J. curcas*

Les principaux insectes ravageurs dommageables de *J. curcas* dans la région de Kinshasa sont *Apthona* sp. (*Coleoptera*, *Chrysomelidea*) et *Stomphastis thraustica* Meyrick (*Lepidoptera*, *Gracillariidae*) (19).

Les dégâts causés par ces insectes varient selon que *J. curcas* est cultivé en pur ou en association avec d'autres cultures (Tableau 8). Les résultats de notre essai montrent des différences significatives entre les objets ($P < 0,05$). La gravité des dégâts était plus élevée dans les parcelles où *J. curcas* était en culture pure.

La couverture du sol avec *S. guianensis* ainsi que la densité de plantation de *J. curcas*, ne montrent pas d'effets significatifs sur la gravité des dégâts des insectes ravageurs. La proportion des dégâts de la chrysomèle (*Apthona* sp.) était plus élevée que celle de la mineuse des feuilles (*S. traustica*). La gravité des dégâts de la chrysomèle dans les parcelles où les plantes de *J. curcas* étaient associées avec le maïs et le soja ne dépasse pas 45% alors qu'elle était au dessus de 60% dans les parcelles où elles n'étaient pas associées avec une culture vivrière. L'association de *J. curcas* avec le maïs et le soja présente donc un effet positif pour limiter les attaques des principaux ravageurs actuels de *J. curcas* dans la zone d'étude. Il reste à vérifier si cet effet positif persistera avec l'augmentation de la taille des arbustes de *J. curcas* et si cette association culturale sera efficace contre d'éventuelles pullulations d'autres ravageurs. Des attaques ponctuelles d'une punaise (*Calidea* sp.) ont en effet déjà été observées dans au moins deux des plantations de *J. curcas* installées sur le Plateau des Batéké (19). La culture pure, pratiquée à grande échelle, peut favoriser la pullulation des populations des ravageurs (21, 22). La pratique de l'association culturale peut aussi favoriser l'abondance des auxiliaires des plantes cultivées et garder ainsi le nombre d'insectes ravageurs à de très bas niveaux (1).

Biomasse sèche de *Stylosanthes guianensis*

La quantité moyenne de biomasse produite par *S. guianensis* dans toutes les parcelles où il était cultivé était respectivement de $3,7 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 1^{ère} année de culture (2010), $3,3 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 2^{ème} année (2011) et $3,3 \pm 0,0$ tonnes de MS ha^{-1} en 3^{ème} année (2012). Au cours des trois premières années de culture, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les différents objets incluant *S. guianensis*.

La biomasse sèche de *S. guianensis* obtenue au cours de notre étude est bien inférieure au chiffre de $9,7$ tonnes ha^{-1} de matière sèche obtenues par Mvondo *et al.* (20) au Cameroun en culture pure de *S. guianensis* avec l'application de fumures minérale et organique. La biomasse de *S. guianensis* produite a permis d'améliorer sensiblement les performances du système de culture testé.

Conclusion

La culture continue de *J. curcas* L. en association avec une rotation maïs - soja sur couvert permanent de *S. guianensis* dans la partie rurale de Kinshasa a permis d'améliorer les rendements des composantes associées et de réduire les dégâts des insectes ravageurs sur *J. curcas*. Les rendements de *J. curcas* les plus élevés obtenus en 3^{ème} année de production étaient respectivement de $409,4 \pm 13,2$ kg de graines sèches ha^{-1} dans le système avec couverture du sol (T2: *Jatropha* (2 500 plants ha^{-1}) + *Stylo*) et de $289,6 \pm 8,1$ dans le système sans couverture du sol avec *S. guianensis* (T1: *Jatropha* (3 333 plants ha^{-1}) + plante vivrière). Le rendement du maïs a connu une réduction importante dans les parcelles sans couverture permanente de *S. guianensis* et une augmentation très significative dans les parcelles avec *Stylo* à partir de la 2^{ème} année de culture. La gravité des dégâts des insectes ravageurs a été plus élevée en culture pure de *J. curcas* ($>60\%$) qu'en culture associée ($<45\%$). La biomasse moyenne produite par *S. guianensis* ($3,5 \pm 0,0$ tonnes $\text{ha}^{-1} \text{an}^{-1}$) et les résidus des cultures associées sont utiles pour l'amélioration de la fertilité du sol et pour limiter l'impact du stress hydrique en début de saison sèche sur l'avortement des capsules. Les études sur l'évolution du carbone organique du sol et l'évaluation de la durabilité du système à long terme sont nécessaires avant d'envisager sa diffusion.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Coopération Technique Belge (CTB) et la Commission universitaire pour le Développement (CUD) pour l'appui financier apporté à la réalisation de nos recherches.

Références bibliographiques

1. Abate T., van Huis A. & Ampofo J.K.O., 2000, Pest Management Strategies in Traditional Agriculture: An African Perspective., *Annu. Rev. Entomol.*, **45**, 631-659.
2. Achten W.M.J, Verchot L., Franken YJ., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. & Muys B., 2008, Jatropha bio-diesel production and use, *Biomass Bioenergy*, **32**, 1063-1084.
3. Ariza-Montobbio P., Sharachchandra L., Giorgos K. & Martinez-Alier J., 2010, The political ecology of Jatropha plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India, *J. Peasant Stud.*, **37**, 4, 875-897. DOI: 10.1080/03066150.2010.512462.
4. Barbier J., Cissao M., Cissé C., Loch F., Grand C., & Mergeai G., 2012, *Intérêts de mettre en place une filière courte basée sur la culture du Jatropha (Jatropha curcas L.) dans la Communauté Rurale de Dialacoto Sénégal*. Document de synthèse de recherche.
<http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130282/1/20120703%20document%20synth%C3%A8se%20jatrpha%20vf.pdf>, (26/10/2013).
5. Baumgart S., 2007, Working paper conference, Belize. In Expert Seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics, Wageningen.
6. Bisiaux F., Peltier R. & Muliele J-C., 2009, Plantations industrielles et agroforesterie au service des populations des plateaux de Batéké, Mampu, en République démocratique du Congo, *Bois Forêts Tropiques*, **301**, 3, 21-23.
7. Chandra Pandey V., Kripal Singh, Shankar Singh J., Akhilesh Kumar, Bajrang Singh & Rana P. Singh, 2012, Jatropha curcas: A potential biofuel plant for sustainable environmental development, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, **16**, 2870-2883.
8. Chausse J.-P., Kembola T. & Ngonde R., 2012, *L'agriculture: pierre angulaire de l'économie de la RDC*. In Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba et Moïse Tshimenga Tshibangu (éd.), *Résilience d'un Géant Africain: Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo*, Volume **II**: Etudes sectorielles, MEDIASPAUL, Kinshasa, 1-97.
9. Costa A.S.V. & Silva M.B., 2008, Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, minas gerais, *Ciência e Agrotecnol.*, **32**, 663-667.
10. De Souza A.C., Ribeiro R.P., Dourado Jacinto J.T. Rodrigues Cintra A.D.A, Amaral R.S., Santos A. C. & Matos F. S., 2013, Intercropping of physic nut and bean: alternative to family farm, *Dourados*, **6**, 9, 36-42.
11. Domergue M. & Pirot R., 2008, *Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique, Cirad, 118 p. www.fact-foundation.com/media_en/French_Jatropha_Document_Cirad.
12. FAO, 2003, *Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne*. Rome, Italie, 63.
13. Ghokale D., 2008, *Jatropha: Experience of Agro-Forestry and Wasteland Development Foundation, Nashik, India*. In: International Consultation on Pro-poor *Jatropha* Development. 10-11 April 2008, Rome, IFAD.
14. Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana & Seguy L., 2008, *Stylosanthes guianensis*. *Fiches techniques plantes de couverture: Légumineuses pérennes*, CIRAD, France, 13.
15. Kwetche Sop T., Wenemi Kagambega F., Bellefontaine R., Schmiedel U. & Thiombiano A., 2012, Effects of organic amendment on early growth performance of *Jatropha curcas* L. on a severely degraded site in the Sub-Sahel of Burkina Faso, *Agroforest Syst.*, **86**, 387-399.
16. Li Z., Lin B.-I., Zhao X., Sagisaka M. & Shibazaki R., 2010, System approach for evaluating the potential yield and plantation of *Jatropha curcas* L. on a global scale, *Environ. Sci. Technol.*, **44**, 2204-2209.
17. Mead R, Willey W., 1980, The Concept of a 'Land Equivalent Ratio' and Advantages in Yields from Intercropping, *Exp. Agric.*, **16**, 3, 217- 228.
18. Minengu J.D., Mobambo P. & Mergeai G., 2015, Analysis of the Technical/Economic Performance of Four Cropping Systems Involving *Jatropha curcas* L. in the Kinshasa Region (Democratic Republic of the Congo), *Tropicultura*, **33**, 2, 67-76.

19. Minengu J.D., Verheggen F. & Mergeai G., 2015, Dynamic and Impact of Major Insect Pests on *Jatropha curcas* L. in two Cropping Systems with Contrasting Characteristics in the Province of Kinshasa (DRC), *Tropicultura*, **33**, 3, 163-175.
20. Mvondo J.P.A., Boukong A., Beyegue H.D., Abou Abba A., Mvondo Ze A.D., Passale M.S., & Lawane, 2012, Production de biomasse de l'espèce *Stylosanthes guianensis* en tête de rotation en vue de la mise en place d'un système de culture sous couverture végétale au sud de la zone cotonnière du Cameroun, *Cameroon J. Exp. Biol.*, **8**, 1, 8-16.
21. Nickel J.L., 1973, *Pest situation in changing agricultural systems*, A review, *Bull. Entom. Soc. Am.*, 18-19.
22. Pimentel D., 1961, Species diversity and insect population's outbreaks", *Ann. Entom. Soc. Amer.*, **19**, 136-142.
23. Reubens B., Achten W.M.J., Maes W.H., Danjon F., Aerts R., Poesen J. & Muys B., 2011, More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control, *J. Arid Env.*, **75**, 2, 201-205.
24. Sharma N., 2006, *The Jatropha Experience: Andhra Pradesh*. In *Biodiesel Conference Towards Energy Independence-Focus on Jatropha*. Paper presented at the Conference, Rashtrapati Nilayam, Bolaram, Hyderabad. On 9-10 June, Rashtrapati Bhawan, New Delhi 2006.
25. Singh R.A., Kumar M. & Ekhlaiq Haider E., 2007, Synergistic cropping of summer groundnut with *Jatropha curcas*. A new two-tier cropping system for Uttar Pradesh, *J. SAT Agric. Res.*, **5**, 1, 1-2.
26. Singh B., Singh K., Rejeshwar Rao G., Chikara J., Kumar D., Mishra D.K., Saikia S.P., Pathre U.V., Raghuvanshi N., Rahi T.S. & Tuli R., 2013, Agro-technology of *Jatropha curcas* for diverse environmental conditions in India, *Biomass Bioenergy*, **48**, 191-202.
27. Vermeulen C. & Lanata F., 2006, Le domaine de chasse de Bombo-Lumene: un espace naturel en péril aux frontières de Kinshasa, *Parcs Reserves*, **61**, 2, 4-8.
28. Wahl N., Hildebrandt T., Moser C., Lüdeke-Freund F., Averdunk K., Bailis R., et al., 2012. *Insights Into Jatropha Projects Worldwide. Key Facts & Figures from a Global Survey*, Report, 72.
29. Wiskerke W.T., Dornburg V., Rubanza C.D.K., Malimbwi R.E. & Faaij A.P.C., 2010, Cost/benefit analysis of biomass energy supply options for rural smallholders in the semi-arid eastern part of Shinyanga Region in Tanzania, *Renew Sustain Energy Rev.*, **14**, 148-165

J.D. Minengu, Congolais (RDC), PhD, Chef de Travaux, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences agronomiques, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

F. Verheggen, Belge, PhD, Premier Assistant, Université de Liège, Gembloux AgroBiotech, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, Belgique.

G. Mergeai, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux AgroBiotech, Laboratoire d'Agro-écologie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.