



République du Bénin

Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP)

Secrétariat Général du Ministère (SGM)

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE)

01 BP : 884 Cotonou (Rép du Bénin) Tél : (229) 21 30 02 64/21 35 00 70

E-Mail : craagonkanmey@yahoo.fr / inrabdq1@yahoo.fr; www.inrab.org

FICHE TECHNIQUE

**Mode de quantification de la biomasse souterraine dans la séquestration du carbone
des plantations de *Jatropha curcas* au Bénin**

Dr Ir. Césaire Paul Gnanglè
Chargé de Recherche du CAMES

Etienne Bankolé Atchadé
Maîtrise en Sciences naturelles,

Dr Ir. Anastase Azontondé,
Maitre de Recherche du CAMES

Dépôt Légal N° 8987 du 24/10/16, 4^e trimestre 2016 Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

ISBN: 978-99919-2-553-0

INTRODUCTION

L'adaptation aux changements climatiques est l'un des premiers objectifs de la plupart des Nations, des Institutions des pays du monde, des institutions nationales, régionales et internationales. Depuis quelques décennies, en Afrique de l'Ouest et notamment au Bénin, des efforts sont menés dans le sens de combattre la pauvreté rurale et urbaine en intégrant les préoccupations environnementales dans les projets, programmes et plans de développement. Plusieurs alternatives sont envisagées afin de réduire l'émission des gaz à effet de serre occasionnée par la déforestation, l'utilisation anarchique des sachets plastiques non dégradables, la mauvaise gouvernance, l'exploitation minière, la mauvaise gestion de l'eau, etc. De même, les émissions de carbone en 2010 ont été de 31.8 mds, soit une augmentation de 5.9% (GCP, 2010).

Le biodiésel constitue une alternative au carburant fossile dans le contexte actuel de crise énergétique et de combustibles fossiles suivie d'un nombre de plus en plus élevé de voitures et d'activités industrielles (Prasad et al. 2000). L'importance socio-économique du *Jatropha curcas* est connue aujourd'hui par la capacité de sa graine à produire une huile facilement convertible en biodiesel (Francis et al. 2005). C'est aussi une plante que les populations utilisent comme haie pour délimiter les pourtours des maisons et dans les exploitations agricoles (Assogbadjo et al. 2009). De par les utilisations faites de *Jatropha curcas*, on note aujourd'hui des parcs et plantations de la plante qui jouent un rôle de puits de carbone. Mais force est de constater qu'en Afrique de l'Ouest, en particulier au Bénin, la fonction de séquestration de carbone des arbustes de *Jatropha curcas* a reçu beaucoup peu d'attention que son potentiel de production d'huile végétale et du biodiesel. Or, la capacité de séquestration de carbone des ligneux est un déterminant essentiel de la performance globale de réduction des gaz à effet de serre dans les pays en voie de développement (Bailis & McCarthy, 2011).

L'étude de la séquestration du carbone par *Jatropha curcas* est récente (Firdaus et al. 2010, Hellings et al. 2012 ; Wani et al. 2012). Ainsi, l'évaluation de la contribution de l'occupation des terres dégradées et des terres appauvries pour la culture de *Jatropha curcas* au stockage du carbone atmosphérique est d'une importance capitale pour connaître le potentiel de séquestration de la plante au Bénin.

Par ailleurs, l'estimation du stock de carbone séquestré par l'espèce est conditionnée par la teneur en biomasse puis la fraction de carbone que contient cette biomasse. La quantification de la biomasse sèche de *Jatropha curcas* a été abordée par plusieurs auteurs comme Bengé (2005), Reinhardt et al. (2008), Francis et al. (2005), Struijs (2008) et Wani et al. (2012). Toutefois, seules les études de Firdaus et al. (2012), Hellings et al. et Gbemavo et al. (2014) ont réellement quantifié la biomasse des différents organes (feuilles, racines et tiges) de la plante.

L'objectif de la présente fiche technique, est de présenter les résultats de cette recherche pour permettre aux différents utilisateurs des produits de recherche de s'en servir.

METHODOLOGIE

Dans le but de quantifier la biomasse souterraine dans la séquestration du carbone dans les plantations de *Jatropha curcas* au Bénin, trois zones agroécologiques ont été identifiées. Les approches destructive et analytique sont réalisées au Laboratoire des Sciences des Sols Eaux et Environnement (LSSEE) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey à vocation Nationale (CRA-Agonkanmey).

Identification des zones agro écologiques et leur classification

L'étude a été réalisée dans les trois zones agro écologiques parmi les huit que compte le Bénin. La classification de ces zones est fondée sur la définition de zones relativement homogènes utilisant les paramètres agropédologiques, liées aux systèmes de cultures, à la répartition spatiale de la population et à la végétation existante (PNUD/ECVR, 1995). Les trois zones agroécologiques considérées dans l'étude sont : la zone I, appelée « Zone Extrême Nord-Benin » ; la Zone V, appelée « Zone Cotonnière du Centre » située au Centre du Bénin et la zone VI, appelée « Zone de terre de barre » située au Sud du Bénin. Dans chaque zone agroécologique considérée, suivant les critères de gradient climatique, pédologique et topographique, une commune est retenue. Par commune, une localité a été choisie en fonction de l'accessibilité et de la présence effective des plantations ou des haies de *Jatropha curcas*. Ainsi, dans la Zone I, le village Tomboutou (Commune de Malanville) a été sélectionné ; dans la Zone V, le village de Goussigon (Commune de Djidja) a été aussi sélectionné puis dans la Zone VI, le village Tori-Zoumè (Commune de Tori-Bossito) a été retenu (Figure 1).

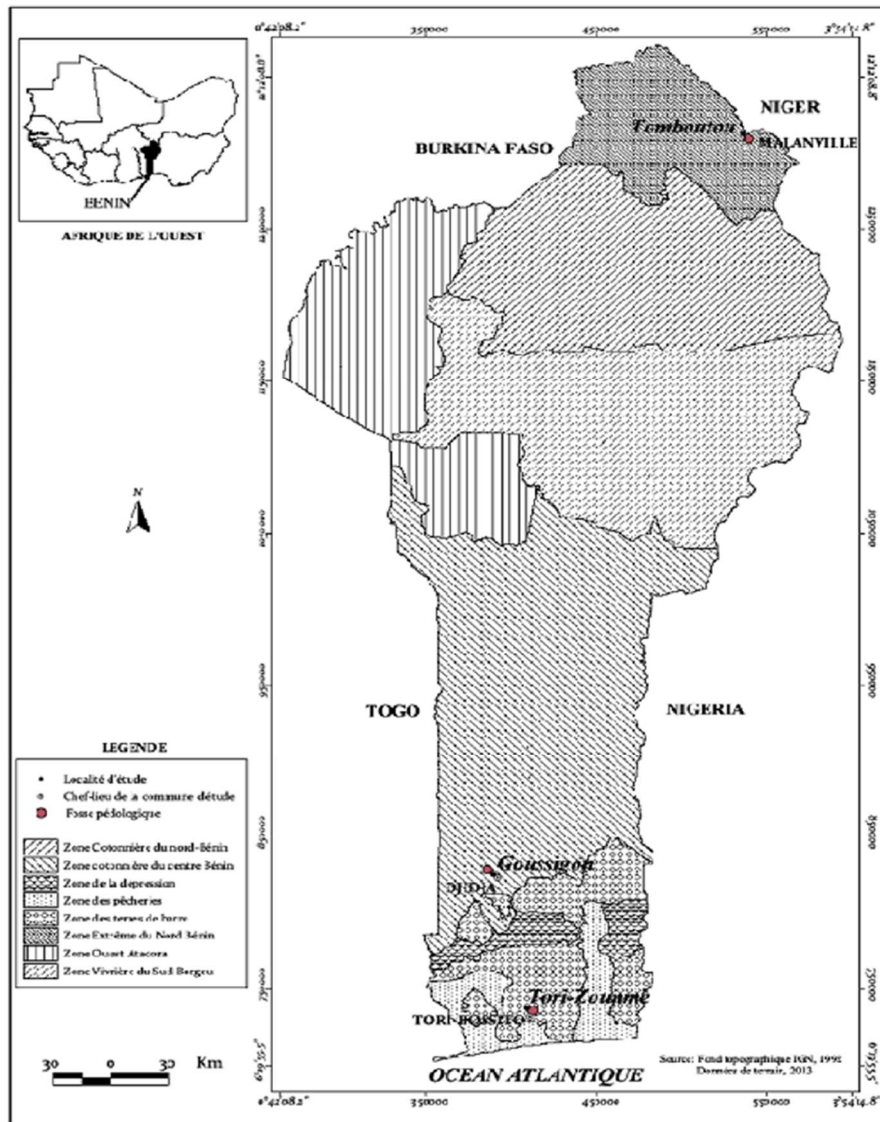


Figure1. Carte du Bénin présentant les zones agroécologiques et les localités d'étude

Evaluation du stock de carbone et d'éléments nutritifs au niveau des organes de la plante et les caractéristiques physico-chimiques du sol : sol sans *Jatropha curcas* et sol avec *Jatropha curcas* par la méthode destructive

Afin d'évaluer la quantité de carbone séquestrée par des racines de *Jatropha curcas* et la quantité des éléments nutritifs majeurs tels que : Azote, Phosphore et Potassium des pieds de *Jatropha curcas*, neuf individus de l'espèce ont été choisis à raison de trois individus par zone agroécologique. Par zone agroécologique, les individus de *Jatropha curcas* choisis ont entre 12 et 36 mois. Cette approche permet d'avoir la Biomasse Sèche Totale (BST) de chaque pied échantillonné grâce à la relation :

$$BST \text{ (kg)} = BFT \text{ (kg)} \cdot TMS \text{ (\%)}$$

BFT (kg) = Biomasse Fraîche Totale ; TMS (%) = Taux de Matière sèche.

Facteurs	1 an		2 ans		3 ans	
	m	Se	m	se	m	se
Organe						
Feuille	0,10	0,24	0,39	0,24	1,13	0,24
Tige	0,30	0,24	2,29	0,24	6,67	0,24
Racine	0,19	0,24	1,03	0,24	1,91	0,24
Arbuste entier	0,59	-	3,71	-	9,71	-
Zones agroécologiques						
Zone 1	0,36	0,24	1,86	0,24	3,57	0,24
Zone 2	0,12	0,24	1,25	0,24	3,16	0,24
Zone 3	0,11	0,24	0,61	0,24	2,97	0,24
Stock de carbone des biomasses (kgC.ha⁻¹ ; Plantation de 3 m x 3 m)						
Biomasse aérienne	2977,48		8665,8	-		
444,4	-		-			
Biomasse souterraine	1144,33		2122,01	-		
211,09	-		-			
Arbuste entier	4121,81		10787,81	-		
655,49	-		-			

Tableau1. Stock de carbone séquestré par *Jatropha curcas* suivant l'âge: valeurs moyennes (m) et erreurs-types (se)

Détermination de la quantité du carbone séquestré au niveau des organes de *Jatropha curcas* et des différentes zones agroécologiques par la méthode analytique

L'approche analytique a été utilisée en considérant des échantillons de la plante et du sol provenant de différentes zones agroécologiques au regard de la plasticité de la plante. Ainsi, grâce à la méthode de perte au feu (Skalar, 2012), l'échantillon issu des racines (organes souterrains) est broyé. On incinère 1g de cet échantillon au four à 550 °C pendant douze heures pour obtenir le taux de cendre.

En supposant que la matière organique à l'état brut est de 100 %, le taux réel de matière organique (MO réel) dans les organes a été obtenu par l'équation :

MO réel % = 100 % - PC % ;

MO réel (%) = taux réel de matières organiques ;

PC (%) = Pourcentage de cendres ;

Le taux de carbone a été déterminé par la relation :

$$\%C = \text{MO}_{\text{réel}} / 1.724(\%)$$

Par ailleurs, pour évaluer l'influence de *Jatropha curcas* sur les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols, des profils pédologiques ont été réalisés sur chaque zone et sur un intervalle de 20 m entre les pieds de *Jatropha curcas*. Ainsi, 500 à 600 g de sol ont été prélevés dans chaque zone pour réaliser les analyses au LSSEE/CRA-A/INRAB en vue de quantifier le pourcentage des éléments nutritifs majeurs tels que : l'Azote, le Phosphore, le Carbone, le Ph eau, la granulométrie et le Potassium.

Le pourcentage des stocks de ces matières organiques par hectare est obtenu par la relation :

SEC (t ou kg) = (poids de terre kg/ha) / 100 * TEC ;

SEC = Stock Élément Chimique par ha ;

TEC = Teneur Élément Chimique (%).

RESULTATS

Relation allométrique du stock de biomasse sèche en fonction du diamètre des plants de *Jatropha curcas*

L'estimation de la relation entre la biomasse sèche totale et le diamètre au collet des pieds de *Jatropha curcas* a été aussi faite par plusieurs auteurs. La synthèse des principaux résultats de ces études révèle que pour de faibles diamètres, la variation entre les équations reste relativement faible. Mais, pour des diamètres plus élevés, elle devient plus importante. La relation allométrique trouvée dans la présente étude est proche de celle trouvée par Ghezehei et al. (2010). Le stock total de matière sèche des organes souterrains (racines) de *Jatropha Curcas* croît en fonction de l'âge.

La biomasse souterraine représente en moyenne le tiers de celle aérienne (2,25 kg MS de la partie souterraine contre 6,94 kg MS pour la partie aérienne). Le stock total de biomasse sèche des tiges est

plus élevé que celui des racines et des feuilles. La relation allométrique entre le diamètre au collet et la biomasse sèche totale (kg) des pieds de *J. curcas* s'ajuste au mieux à une fonction puissance qui explique 95,7 % des variations de la biomasse sèche totale (Figure 2). D'après nos études, le stock de carbone séquestré par *Jatropha curcas* ne varie significativement pas suivant les zones agroécologiques étudiées ($P > 0,05$) mais varie très significativement suivant l'âge et l'organe de la plante ($P < 0,001$). Le stock moyen de carbone (KgC/ha) accumulé par les organes et l'arbuste entier des jeunes pieds de *Jatropha curcas* indique que la partie souterraine accumule une quantité plus faible de carbone. Ainsi, dans une plantation de 3 ans d'âge, le stock de carbone séquestré par la biomasse souterraine de *Jatropha curcas* est de (2122,01 kg C/ha), ce qui représente les $\frac{1}{4}$ du stock de la partie aérienne. Comparativement aux résultats trouvés par la plupart des auteurs, les différences observées peuvent s'expliquer par les variations climatiques et édaphiques dans chaque zone d'étude.

Impact de la culture de *Jatropha curcas* sur les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols

De nos travaux sur ces trois zones il ressort que :

Sur les sols ferrallitiques remaniés (Zone de terre de barre du Sud-Bénin) et les sols ferrugineux tropicaux (Zone cotonnière du Centre-Bénin), les stocks de C et d' N sont plus élevés dans les sols sous *Jatropha curcas* que ceux sans *Jatropha curcas* tandis qu'une tendance inverse s'observe sur les sols bruns ferrugineux (Zone extrême Nord-Bénin). En effet, le taux de carbone dans un sol dépend des inputs (litière) et des processus de minéralisation, à moins que le sol soit totalement nu pendant longtemps. Ce taux n'est jamais négligeable et est dépendant du site. Les résultats obtenus sont donc mitigés et peuvent être expliqués par l'historique du couvert végétal sur les sites mais aussi par les types de sols.

Zone agro-écologique	2	0,19	0,94 ns	0,18	2,22 ns	2,49	5,18*
Organe	2	16,39	40,01***	0,14	1,41 ns	9,51	15,80***
Zone agroécologique*Organe	4	0,15	0,27 ns	0,06	0,44 ns	0,24	0,24 ns

*: différence significative au seuil de 5 % ; **: différence significative au seuil de 1 % ; ***: différence significative au seuil de 0,1 % ; ns = non significative

Tableau 2. Effets de la zone agro-écologique, des organes et de l'âge sur les taux des éléments nutritifs (N, P, K) des pieds de *Jatropha curcas* : résultats d'analyse de covariances

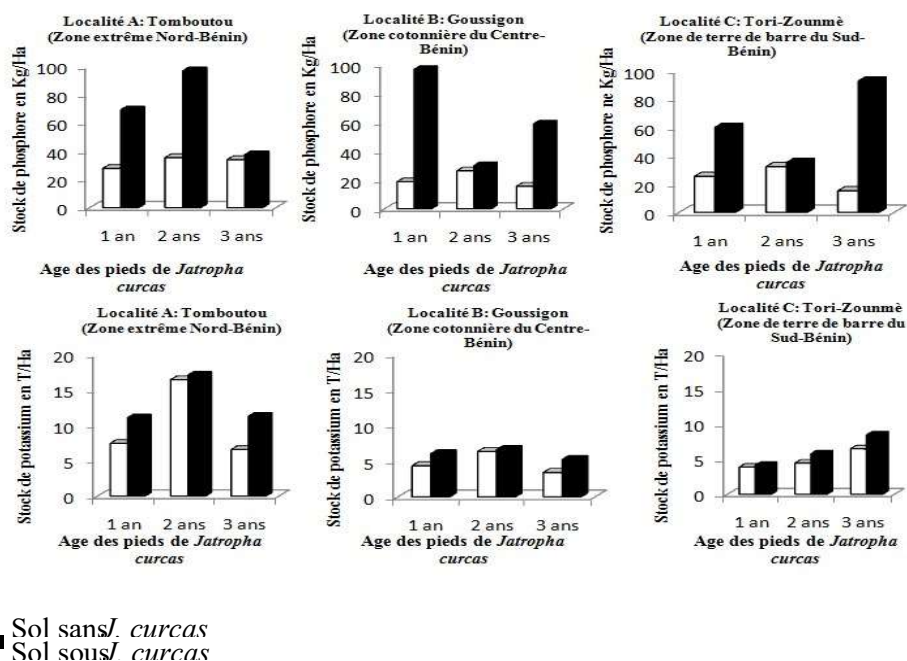


Figure 2. Stock (t/ha) de phosphore et de potassium dans les sols sous ou sans *J. curcas* (Profondeur : de la surface au curasse entre 70 et 100 cm)

IMPLICATION POUR LE DEVELOPPEMENT

Les résultats de nos travaux ont montré que le *Jatropha curcas* est une plante qui produit une quantité non négligeable de biomasse. *Jatropha curcas* fixe et stocke une importante quantité de carbone atmosphérique tout en restituant une grande partie au sol. En effet, la restitution du carbone au sol, sert le double objectif de réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et l'augmentation du carbone organique du sol qui joue un rôle crucial dans l'amélioration de la qualité du sol et la disponibilité des éléments nutritifs (Srinivasarao et al. 2009 ; Wani et al. 2012). *Jatropha curcas* peut être cultivé sur les sols pauvres comme un moyen d'amélioration de la qualité du sol et de réduction du carbone atmosphérique.

CONCLUSION

Eu égard à tout ce qui précède, il convient de sensibiliser d'avantage nos populations sur la nécessité de cultiver le *Jatropha curcas*. C'est une plante qui permet de fixer et stocker une quantité importante du carbone atmosphérique grâce à ses organes aériens (feuilles) et améliore la capacité fertilisante du sol en matière organique. La séquestration souterraine de carbone par le *Jatropha curcas* contribue donc à l'absorption du carbone atmosphérique ce qui peut expliquer le faible taux enregistré au cours de nos études. L'effet des arbustes de *Jatropha curcas* de 1 à 3 ans sur la morphologie du sol n'est pas perceptible. Mais dépend de celui des caractéristiques chimiques du sol et du climat (Zone agroécologique).

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent particulièrement à l'Association NOUBIGNON du Tori-Zoumè (Commune de Tori), l'IITA, des ONG CIRAPIP et GRAD-ONG, l'Ambassade des Pays Bas et le projet *Jatropha* Union Africaine (PJUA), pour leur appui technique et financier. Il adresse aussi ses

remerciements à tous les chercheurs qui ont travaillé dans le cadre de la mise en place dudit projet. Nous adressons également nos remerciements au **Directeur de Recherche, Dr Ir. Guy Apollinaire Mensah** pour la lecture et les corrections apportées au présent manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ASSOGBADJO A. E., AMADJI G., GLELE KAKAI R. L., MAMA A., SINSIN B. & VAN DAMME P. 2009. Evaluation écologique et ethnobotanique de *Jatropha curcas* L. au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 3(5): 1065-1077.
2. BAILIS R. & MC CARTHY H. 2011. Carbon impacts of direct land use change in semiarid woodlands Converted to biofuel plantations in India and Brazil. GCB Bioenergy. doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01100.x.
3. BENGE M. 2006. Assessment of the potential of *Jatropha curcas* (biodiesel tree), for energy production and other uses in developing countries. Available online at: <http://www.ascensionpublishing.com/BIZ/jatropha.pdf>
4. FIRDAUS M. S., HANIF A. H. M., SAFIEE A. S. & ISMAIL M.R. 2010. Carbon sequestration potential in soil and biomass of *Jatropha curcas*. In: Paper Presented in 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane. Australia, 1-6 August 2010: 62–65.
5. FRANCIS G., EDINGER, R. & BECKER K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspective of *Jatropha* plantations. Natural Resources Forum. 29:12-24.
6. GHEZEHEI S.B., ANNANDALE J. G. & EVERSON C. S. 2009. Shoot allometry of *Jatropha curcas*. Southern Forests. 71(4): 279-286.
7. HELLINGS F. B., HENNY A. R. & YWE J. F. 2012. Carbon storage in *Jatropha curcas* tree in Northern Tanzania. FACT. 1-25.
8. PNUD/ECVR. 1995. Carte des zones agro écologiques du Bénin
9. PRASAD C. M.V., KRISHNA M. V. S. M., REDDY C. P. & MOHAN K. R. 2000. Performance evaluation of non-edible vegetable oils as substitute fuels in low heat rejection diesel engines. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of automobile engineering. 214(2): 181187.
10. REINHARDT G., GÄRTNER S., RETTENMAIER N., MÜNCH J. & VON FALKENSTEIN E. 2008. Basic data for *Jatropha* production and use. Mimeo, Institute for Energy and Environmental Research, Heidelberg.
11. SKALAR. 2012. The PRIMACS SLC TOC Analyzer, Available at: [http://www.anatek-co.com/PICs/download file1 20110401102039.pdf](http://www.anatek-co.com/PICs/download%20file1%2020110401102039.pdf).
12. SRINIVASARAO C. H., VITTAL K. P. R., VENKATESWARLU B., WANI S. P., SAHRAWAT K. L., MARIMUTHU S. & KUNDU S. 2009. Carbon stocks in different soil types under diverse rainfed production systems in tropical India. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 40 (15/16) : 2338–2356.
13. WANI S. P., GIRISH C., SAHRAWAT K. L., SRINIVASARAO CH., RAGHVENDRA G., SUSANNA P. & PAVANI M. 2012. Carbon sequestration and land rehabilitation through *Jatropha curcas* (L.) plantation in degraded lands. Agriculture, Ecosystems and Environment. 161: 112-120.