



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 aérienne dans la séquestration du carbone dans les 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° 8986 du 24/10/16, 4^e trimestre 2016 Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

ISBN: 978-99919-2-552-3

INTRODUCTION

Les variations climatiques observées depuis quelques décennies en Afrique de l'Ouest (Brou et al. 2005) et en particulier au Bénin, ont occasionnés des gaz à effet de serre ne sont pas sans conséquences sur les rendements agricoles au Bénin. Cela fait penser à des nouvelles filières susceptibles d'améliorer le revenu agricole et la préservation de notre cadre de vie. Le *Jatropha curcas* est une espèce bien connue des populations locales de l'Afrique de l'Ouest et du Bénin en particulier (Mbaye, 2011). Les utilisations faites du *Jatropha curcas* sont notamment les haies pour délimiter les maisons et les exploitations agricoles (Assogbadjo et al. 2009). Malgré la capacité de la graine de *Jatropha curcas* à produire une huile facilement convertible en biodiesel (Francis et al. 2005), et dont la culture a entraîné la création des parcs et plantations dans certains pays en Afrique de l'Ouest, la fonction de séquestration de carbone des arbustes de *Jatropha curcas* a reçu beaucoup moins d'attention au Bénin. Or la capacité de séquestration de carbone des ligneux en général et celle de *Jatropha curcas* en particulier est un déterminant essentiel de la performance globale de réduction des gaz à effet de serre (Bailis et McCarthy, 2011). Ainsi Il est nécessaire d'évaluer la contribution de l'occupation des terres dégradées et celles appauvries pour la culture de *Jatropha curcas* au stockage du carbone atmosphérique, afin de connaître le potentiel de séquestration de la plante.

Par ailleurs, l'estimation fiable 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 chercheurs comme Bengi (2005) Reinhardt et al. (2008), Francis et al. (2005), Struijs (2008) et Wani et al. (2012). Toutefois, seules les études de Fridaus et al. (2012), Hellings et al. et Gemavo (2014) ont réellement quantifié la biomasse des différents organes (feuilles, racines et tiges) de la plante. En effet, les travaux des autres chercheurs notamment Benge (2006), Reinhardt et al. (2008), Francis et al. (2005), Struijs (2008) et Wani et al. (2012) se sont basés essentiellement sur la quantification de la biomasse aérienne qui est l'objet de la présente fiche technique.

Les travaux de Gbamavo et al. (2014) ont permis de mieux connaître le mode de quantification de la biomasse aérienne dans la séquestration du carbone dans les plantations de *Jatropha curcas* au Bénin.

METHODOLOGIE

Pour bien connaître le mode de quantification de la biomasse aérienne dans la séquestration du carbone dans les plantations de *Jatropha curcas* au Bénin, trois zones agro écologiques ont été identifiées, pour réaliser l'étude. A cela s'ajoutent les approches destructive et analytique réalisées au Laboratoire des Sciences des Sols Eaux et Environnement (LSSEE) du Centre de Recherches Agricole d'Agonkanmey à vocation nationale (CRA Agonkanmey).

Identification des zones agro écologiques et leur classification

L'étude a été réalisée dans 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 à l'aide de paramètres agro-pédologiques, aux systèmes de cultures, à la répartition spatiale de la population et à la végétation (PNUD/ECVR, 1995). Les trois zones agro écologiques 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 agro écologique considérée suivant les critères de gradient climatique, pédologique et topographique, une commune a été retenue et 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* pour abriter l'étude. Ainsi, dans la Zone I, le village Tomboutou (commune de Malanville) a été retenu ; dans la Zone

V, le village Goussigon (commune de Djidja) a été chois,i et dans la Zone VI, le village Tori-Zounme (commune de Tori- Bossito a été retenue) (Figure 1)

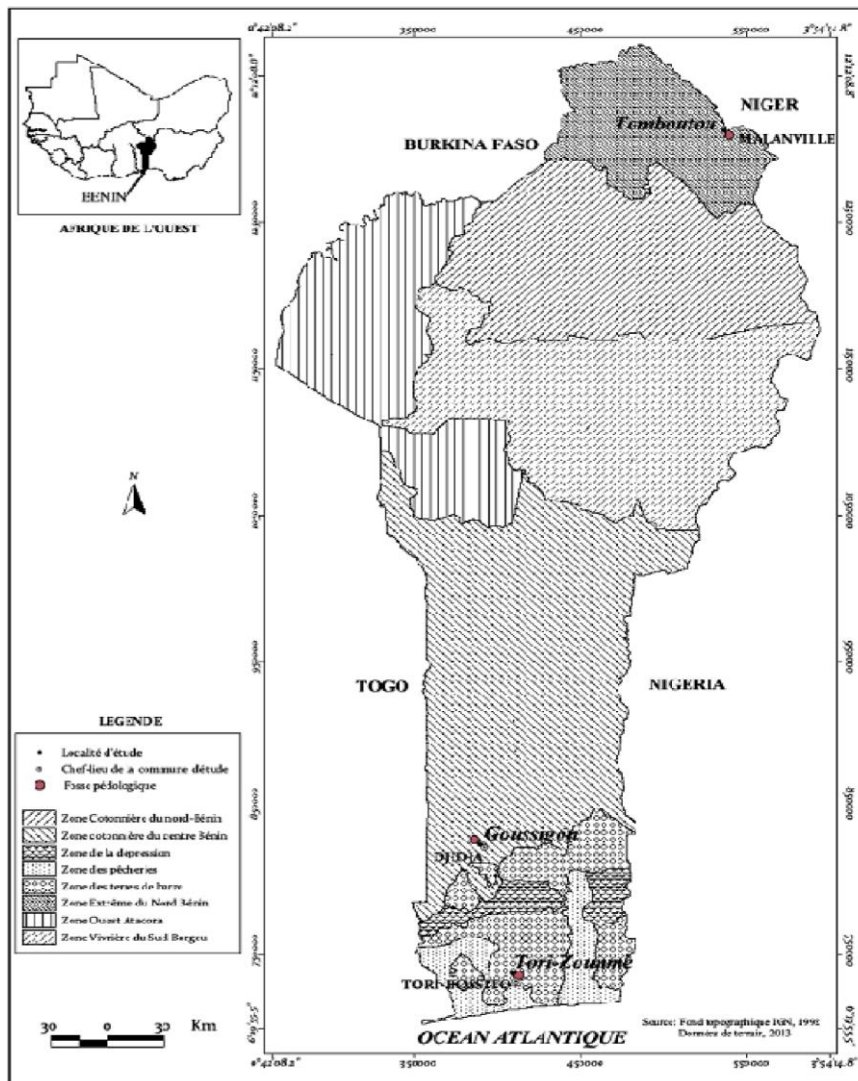


Figure 1. Carte du Bénin présentant les zones agro écologiques et les localités d'étude

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 *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 agro écologique retenue. Par zone agro écologique, 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 :

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

BFT (kg) = Biomasse Fraiche Totale ;

TMS (%) = Taux de Matière sèche.

Tableau 1. Stock de carbone séquestré par *Jatropha curcas* suivant l'âge : valeurs moyennes (m) et erreurs-types (se)

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 (kg C.ha⁻¹ ; Plantation de 3 m x 3 m)							
Biomasse aérienne	444,4	-	2977,48	-	8665,8	-	
Biomasse souterraine	211,09	-	1144,33	-	2122,01	-	
Arbuste entier	655,49	-	4121,81	-	10787,81	-	

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 de la feuille (organe aérien) est broyé. On incinère 1 g de cet échantillon au four à 550 degrés 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 :

$$\text{MO réel \%} = (100 \%) - (\text{PC \%})$$

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

PC (%) = Pourcentage de cendres.

Le taux de carbone a été déterminé par la relation :

$$\%C = \frac{\text{MOreel}}{1.724} (\%)$$

Ainsi grâce à la méthode de perte au feu (SKalar, 2012) l'échantillon issu de la feuille (organe aérien) est broyé, on incinère 1g de ce dernier au four à 550 degrés pendant douze heures pour obtenir le taux de cendre.

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 600g de sol ont été prélevés dans chaque zone pour réaliser les analyses au Laboratoire des Sciences du Sol Eau et Environnement (LSSEE) pour quantifier le pourcentage des éléments nutritifs majeurs tels que : Azote, Phosphore, Carbone, le Ph eau, la granulométrie et le Potassium. Le pourcentage des stocks de ces matières organiques par hectare est obtenu par la relation :

$$\text{SEC(t ou kg)} = \frac{\text{poids de terre} \frac{\text{kg}}{\text{ha}}}{100} * \text{TEC}$$

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 aériens (feuilles) de *Jatropha curcas* croit en fonction de l'âge. La biomasse des feuilles (1,11 kg MS de la feuille) augmente plus rapidement que celle des autres parties de la plante. D'après nos études, le stock de carbone séquestré par *Jatropha curcas* ne varie significativement pas suivant les zones agro écologiques 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 aérienne accumule une quantité plus élevée de carbone. Ainsi, dans une plantation de 3 ans d'âge, le stock de carbone séquestré par la biomasse aérienne de *Jatropha curcas* est de (8665,80 kgC/ha). Comparativement aux résultats trouvés par la plupart des chercheurs, 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 carbone et d'azote sont plus élevés dans les sols sous *Jatropha* que ceux sans *Jatropha* 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.

Tableau 1. 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 covariance

Facteur	Ddl	Taux d'azote (N)		Taux de phosphore (P)		Taux de potassium (K)	
		Seq	SS F	Seq	SS F	Seq	SS F
Source							
Age	1	0,18	0,30 ns	0,03	2,67 ns	0,69	1,92 ns
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

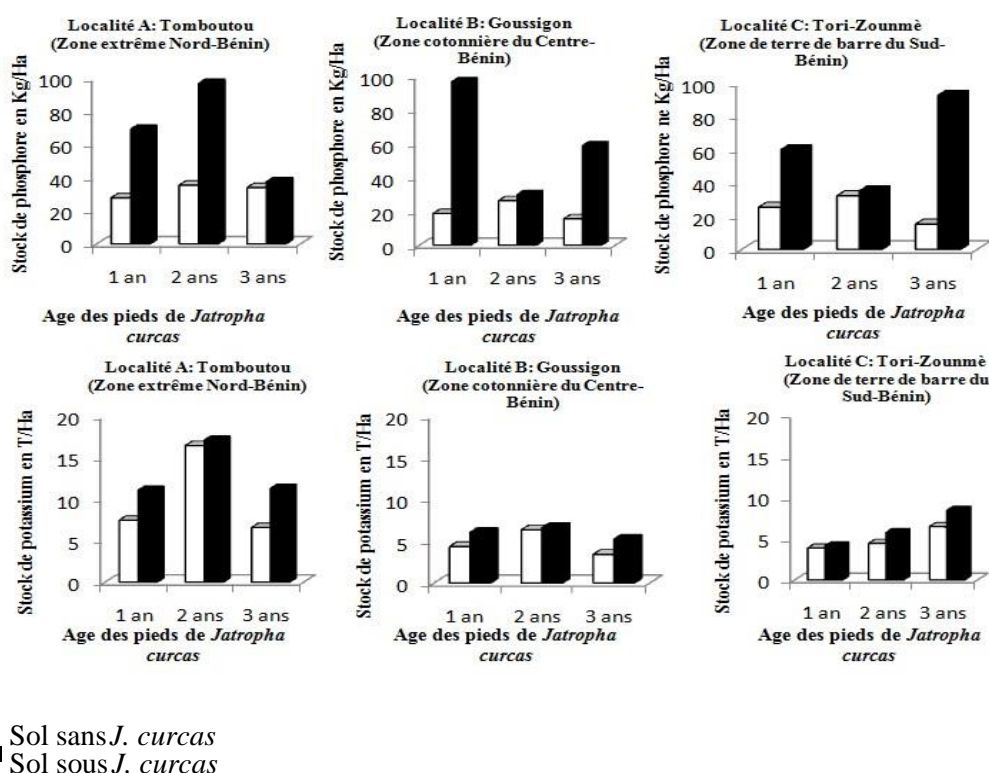


Figure 2. Stock (t/ha) de phosphore et de potassium dans les sols sous ou sans *J. curcas* (Profondeur : de la surface au curasse entre 70 et 100 cm)

IMPLICATION AGRONOMIQUE DES RESULTATS

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, la culture de *Jatropha curcas* est une nécessité impérieuse aujourd'hui dans notre pays au vu de ses rôles. Cette plante permet de fixer et stocker une quantité importante du carbone atmosphérique grâce à ses organes aériens (feuilles) et améliore la capacité fertilisante du sol. 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 agro-écologique).

REMERCIEMENTS

Nous tenons sincèrement à remercier l'IITA, des ONG CIRAPIP et GRAD, l'Ambassade des Pays Bas et le projet *Jatropha* Union Africaine (PJUA) pour leur appui technique et financier et tous les chercheurs qui ont travaillé dans le cadre de la mise en place de ce 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. ACHTEN W. M. J., MAES W. H., REUBENS B., MATHIJS, E., SINGH V. P., VERCHOT L. & MUYS B. 2010. Biomass production and allocation in *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of Drought stress. *Biomass and Bioenergy* 34(5): 667-676.
2. AFNOR. 1981. Recueil de normes françaises de chimie : analyse, normes fondamentales. Association Française de normalisation (AFNOR). 1 :1-546.
3. 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.
4. 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.
5. 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>
6. BRAY R. H. & KURTZ L. T. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in Soil. *SoilSci*. 59 : 39-45.
7. BROU Y.T., AKINDES F. & BIGOT S. 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahier Agriculture* 14: 533-540.
8. 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.
9. 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,
10. Soil Solutions for a Changing World, Brisbane. Australia, 1-6 August 2010: 62-65.

11. 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.
12. GARG K. K., KARLBERG L., WANI S. P. & BERNDES G. 2011. *Jatropha* production on wastelands in India: opportunities and trade-offs for soil and water management at the watershed scale. *Biofuel. Bioprod. Biorefin.* 5: 410–430.
13. GHEZEHEI S.B., ANNANDALE J. G. & EVERSON C. S. 2009. Shoot allometry of *Jatropha curcas*. *Southern Forests*. 71(4): 279-286.
14. GLOBAL CARBON PROJECT (GCP). 2010. www.globalcarbonatlas.org. Consulter le 20.02.2013.
15. HELLINGS F. B., HENNY A. R. & YWE J. F. 2012. Carbon storage in *Jatropha curcas* tree in Northern Tanzania. *FACT*. 1-25.
16. INSAE. 2013. Résultats provisoires du RGPH4. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Benin, 8 p. www.insae-bj.org.
17. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Landis Change and Forestry (LULUCF). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
18. MBAYE A. 2011. Culture du *Jatropha* au Sénégal : Entre logiques de promoteurs et scepticisme des paysans. Recueil des résumés de l'atelier final du programme RIPIECSA. 1-10.
19. NDONG R., MONTREJAUD-VIGNOLES M., SAINT GIRONS O., GABRIELLE B., PIROT R., DOMERGUE M. & SABLAYROLLES C. 2009. Life cycle assessment of biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: a field study. *Global Change Biology Bioenergy*. 1 (3): 197-210.
20. NELSON D. W. & SOMMERS L. E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America Book Series No. 5. SSSA and ASA, Madison, WI. 961–1010.
21. PNUD/ECVR. 1995. Carte des zones agroécologiques du Benin.
22. SAIDOU A., DOSSA A. F. E. P., GNANGLE C., BALOGOUN I. & AHO N. 2012. Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellariaparadoxa* C.F. Gaertn.) et à néré (*Parkiabiglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Benin (BRAB)*, Numérospecial Agriculture & Foret – Novembre 2012. 1-9.
23. SANOU F. 2010. Productivité de *Jatropha curcas* et impact de la plante sur les propriétés chimiques du sol : Cas de Bagre (Centre-Est du Burkina-Faso). 1-72.
24. SCHUMAN G. E., JANZEN H. H. & HERRICK J. E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon séquestration by rangelands. *Environmental Pollution*. 116, 391-396.