



Troisième Colloque des Sciences,
Cultures et Technologies de l'UAC-Bénin,
du 6 au 10 Juin 2011
au Centre CIEVRA



Actes

Volume III
Sciences naturelles et Agronomiques



Sections : Agronomie et Pédologie

ISSN : 1840-5851 - Edition Décembre 2012

**EVALUATION DU STOCK DE CARBONE DANS LE PARC À KARITÉ
(*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) ET NÉRÉ (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don)
DE BEMBÈRÈKÈ EN ZONE SOUDANIENNE DU BÉNIN**

A.F.E. DOSSA (1), A. SAIDOU (1), P.C. GNANGLE (2), I. BALOGOUN (1), N.AHO (1)

*(1) Département de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques,
Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 01 BP 526 Cotonou (BENIN)*

(2) Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, CRA Centre, Savè, Bénin

RESUME

La présente étude estime la contribution potentielle des parcs à karité à la séquestration du carbone. La méthode d'estimation est basée sur l'approche développée par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) et d'autres résultats de recherche. Elle a consisté dans un premier temps à collecter des données sur le Diamètre à Hauteur d'Homme pour les grands arbres, les diamètres au collet pour les arbustes et les herbacées, sur les propriétés chimiques du sol, puis à analyser ces données sur la base de plusieurs équations allométriques. Le stock de carbone emmagasiné dans le parc à karité et néré de Bembèrèkè est de $32,62 \pm 5,91$ t C/ha répartis comme suit : 20,17 t C/ha pour la biomasse aérienne vivante, 4,25 t C/ha pour la biomasse souterraine, 2,35 t C/ha pour la matière organique morte et 5,85 t C/ha pour le sol. La biomasse aérienne constitue environ 62 % du stock du carbone dans les parcs à karité et néré. Ces résultats confirment l'énorme potentiel des parcs à karité et néré dans la séquestration du carbone. Les producteurs de la zone d'étude devraient profiter du protocole de Kyoto et du marché mondial du carbone comme source supplémentaire de revenu.

Mots clés : stock de carbone, biomasse, gaz à effet de serre, système agroforestier, zone soudanienne, Bénin

INTRODUCTION

Les parcs à karité et néré sont des systèmes agro-forestiers visant la valorisation des essences forestières locales à buts multiples. Le système des parcs agro-forestiers constitue aujourd'hui une partie intégrante et dominante des paysages naturels et agricoles dans lesquels poussent les arbres (Bonkougou, 2002). Il s'agit d'un système traditionnel d'exploitation des

terres dans lequel les végétaux ligneux pérennes à but multiple sont délibérément conservés en association (Wala et al., 2005). Des études réalisées sur les différents systèmes à karité et néré au Bénin révèlent que ces derniers sont en dégradation continue du fait des facteurs climatiques, anthropogéniques et technologiques (Gbedji, 2003 ; Gnglè, 2005). Les résultats de cette dégradation font des parcs à karité et néré à la longue des sources potentielles d'émission de gaz à effet de serre alors qu'ils devraient normalement constituer des zones de séquestration du carbone. Face à ces problèmes, il urge donc de développer des stratégies de conservation et de gestion de ces ressources.

Le bilan du carbone est élaboré pour engager des réflexions sur la démarche de gestion environnementale vis-à-vis de la problématique liée à la maîtrise de l'énergie et des stratégies à mettre en œuvre pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Ademe, 2008). En effet, les formations végétales constituent d'importants réservoirs de carbone en interaction permanente avec l'atmosphère et sensibles aux éléments extérieurs dont l'activité humaine. Le carbone provient directement du prélèvement dans l'atmosphère du CO₂ et se retrouve au niveau de la végétation, la matière organique morte (litière) et dans le sol en particulier dans la matière organique. Les formations végétales deviennent des sources de gaz à effet de serre quand elles sont en régression. En effet, la biomasse en se dégradant produit du carbone organique qui retourne dans l'atmosphère sous forme de CO₂. La séquestration du carbone est une manière de contribuer à la réduction des émissions. L'étude vise à évaluer le stock de carbone dans le système agro-forestier traditionnel de karité et néré, en vue de connaître la participation de cet agro-système au stockage du carbone.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été réalisée dans le parc à karité et Néré du village Guessou - sud (10° 09' N et 02°48' E), arrondissement de Ina, commune de Bembèrèkè (Figure 1), Département du Borgou. La zone est sous l'effet du climat de type soudanien avec deux grandes saisons : une saison de pluie allant de Mai à Septembre et une saison sèche d'Octobre à Avril. La pluviométrie varie entre 1100 et 1200 mm avec une évapotranspiration (ETP) de 1600 mm (CRA-Nord/INRAB, 2007). La température moyenne annuelle est de 26°C avec deux maxima en début et en fin de saisons sèches (34,6°C en Oc-

tobre et 29,5°C en Mars). La région appartient à une pénéplaine cristalline (granites principalement), développée sur socle précambrien. Le relief est un model d'ondulation de 20 à 40 m d'amplitude. Le sol de la zone d'étude est essentiellement dominé par des sols ferrugineux tropicaux formés sur les roches cristallines du Précambrien (granite et gneiss) et classés comme ferric Lixisol selon la classification FAO (1990). La végétation est une formation de savane arborée caractérisé par deux principales espèces *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa*. Les principales cultures sont : le maïs, le soja, le coton, le sorgho, le niébé, l'arachide, le manioc et l'igname. L'élevage y est pratiqué par la plupart des habitants du village, mais le gros bétail constitue l'apanage des peuls.

Les matériels de collecte suivants ont été utilisés : le mètre ruban pour les mesures de diamètre des troncs d'arbre au cours de l'inventaire forestier ; la balance analogue de 1kg de portée pour les mesures de poids de la biomasse ; la tarière hollandaise pour le prélèvement des échantillons de sol ; le GPS (Global Positioning System) pour l'orientation et la prise de position de certains arbres au cours de l'inventaire forestier ; enfin un clinomètre pour la mesure de la hauteur totale des arbres.

L'étude a été réalisée dans la zone soudanienne du Bénin pendant la saison de pluie (juin à octobre) de 2009. La méthode d'estimation est basée sur l'approche développée par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) et d'autres résultats de recherche. L'étude s'est déroulée en deux phases : une phase du terrain afin de faire l'état des lieux sur la gestion des parcs à karité et néré dans la zone d'étude et une phase d'enquête pour la collecte des informations nécessaires pour l'application des formules de calcul des stocks de carbone et des gaz à effet de serre développées par le GIEC.

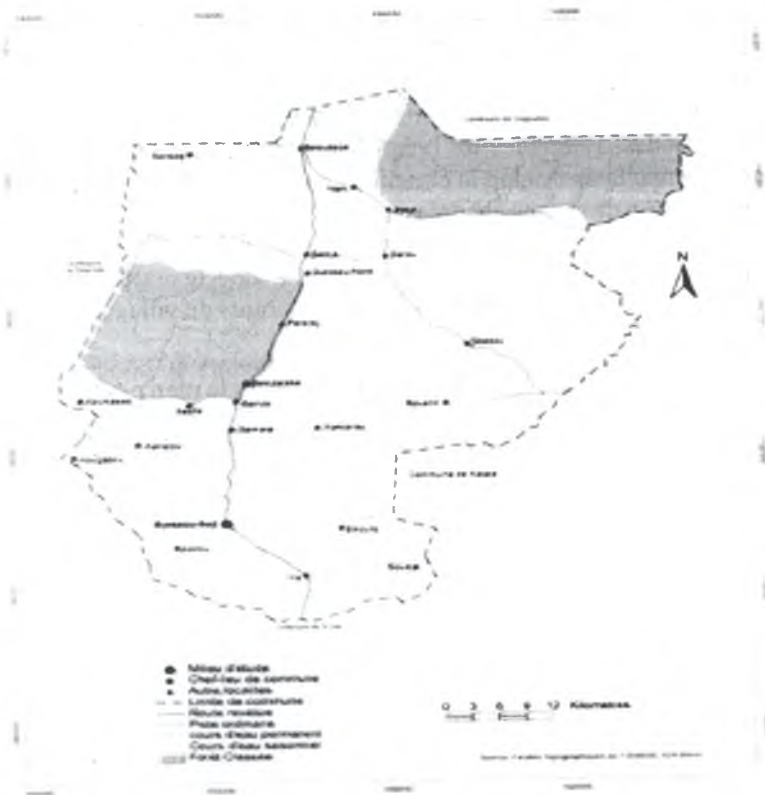


Figure 1 : Carte de la commune de Bembèrèkè

L'estimation du stock de carbone dans le sol a été effectuée dans les profondeurs de 0-20, 20-40 et 40-60 cm dans les champs et les jachères, sous le karité, le néré et à une distance hors du houppier des arbres. La teneur en carbone organique du sol a été déterminée selon la méthode de Walkley & Black qui a consisté à oxyder la matière organique du sol avec le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$ 1 N) en milieu acide dans le rapport sol/ $K_2Cr_2O_7$ de 0,25/10. L'équation (1) a permis d'évaluer ensuite la quantité totale de carbone emmagasinée dans le sol. La densité apparente moyenne déterminée par Volkoff et al., (1999) de 1,3 pour le type de sol rencontré dans le milieu d'étude a été utilisée pour le calcul.

$$COS = \sum_{horizon=1}^{horizon=n} COS_{horizon} = \sum_{horizon=1}^{horizon=n} ([COS] \cdot DA \cdot P \cdot (1 - frag) \cdot 10)_{horizon} \quad (1)$$

Source : IPCC (2003)

Où

COS = teneur en carbone organique des sols représentative du type de formation végétale et du sol étudiés (exprimée en tonne C ha⁻¹) ;

COS horizon = teneur en carbone organique pour un horizon constitutif du sol (tonne C ha⁻¹) ;

[COS] = concentration du carbone organique dans une masse de sol donnée, obtenue par analyses en laboratoire (g C kg sol⁻¹) ;

DA = Densité Apparente (tonnes sol/m³) ;

P = profondeur de l'horizon ou épaisseur de la couche du sol (m) ;

frag = pourcentage de volume de fragments grossiers /100.

D'après les lignes directrices du GIEC, la matière organique regroupe la litière et les bois morts. L'estimation du stock de carbone dans la litière et les bois morts a consisté à prélever plusieurs échantillons aléatoires de litière dans des carrés de 1 m². Ces échantillons ont été triés et les feuilles ont été séparées des brindilles. Ils ont été ensuite séchés à 60°C à l'étuve pendant 3 h de temps, broyés puis incinérés au four à 550°C pendant 24 heures. La teneur en matière organique (MO) est déterminée par l'équation (2) ci-dessous :

$$MO = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \quad (2)$$

Où

MO = teneur en matière organique (%) dans la litière ;

Pi : Poids initial (g) ;

Pf : Poids final (g) ;

La teneur en carbone dans la litière est alors déduite de ce résultat en divisant la teneur en MO par 1,724 et le stock de carbone a été obtenu en multipliant la teneur en carbone de la litière par la quantité de matière sèche à l'hectare.

L'estimation du stock de carbone dans la biomasse aérienne vivante et souterraine a été réalisée dans 55 placeaux de 30 m x 30 m délimités dans

le parc. Tous les arbres présentant une circonférence supérieure ou égale à 31 cm ont été mesurés dans la parcelle. Les variables suivantes sont notées : l'espèce, la circonférence, la hauteur totale, ainsi que l'état de l'arbre. Les arbres présentant deux troncs de circonférence supérieure à 31 cm en dessous de 1,3 m sont considérés comme deux arbres. Les dbh ont été déduits des circonférences mesurées. Des quadrats de 3 m x 3 m délimités dans les quatre coins de la parcelle de 30 m x 30 m ont permis de prendre en compte la régénération naturelle des arbres. Ainsi, tous les plants mesurant au moins 0,5 m de hauteur et présentant une circonférence inférieure ou égale à 31 cm ont été enregistrés. Afin d'évaluer la biomasse de la végétation herbacée, trois quadrats de 1 m x 1 m sont délimités dans les placeaux. Toute la végétation présentant un diamètre au collet inférieur à 10 cm a été séparée en trois catégories, les plantes de 0 à 2 cm de diamètre, de 2 à 5 cm de diamètre et de 5 à 9,9 cm de diamètre. Sur le site, la plupart des herbacées récoltées ont un diamètre au collet compris entre 0 et 2 cm. Cette végétation a été coupée, pesée puis un échantillon a été prélevé, pesé, séché à l'étude à 70°C pendant 72 heures puis pesé en vue de déterminer la matière sèche. La biomasse a été estimée dans chaque catégorie suivant les équations suivantes :

- Biomasse des arbres : $Y = \exp^{(-1,996 + 2,32 \ln D)}$ avec Y = biomasse par arbre en kg ; D = dbh en cm (FAO, 1997) ;
- Biomasse des arbustes et régénération : $Y = \exp^{(-1,27 + 2,20 \log D)}$ (Segura et al., 2005) ;
- Biomasse des herbacées : $B = PHT \times MS/100$ avec PHT = Poids Humide Total au champ, MS (%) = matière sèche, B = biomasse (Valentini 2007) ;
- Biomasse des arbres morts tombés : $Bcd = Vat \times D$ avec Bcd = biomasse (t/ha), Vat = Volume (m³/ha) des arbres de même classe de densité, D = densité (t/m³) associé à l'une des trois classes (Valentini 2007), avec

$$Vat = \frac{\pi \times (D1^2 + D2^2 + D3^2 + \dots + Dn^2)}{8 \times L}$$

- D1 ... Dn = diamètres (m) des arbres d'une même classe de densité et L = longueur totale de la ligne (42,42 m).
- La biomasse du système racinaire a été estimée à l'aide de la relation développée par MacDiken (1997). Le modèle développé par Cairns et al. (1997) a permis d'évaluer la contribution de cette composante au carbone total présent dans les parcelles : $Br = \exp^{(-1,0587 + 0,8836 \times \ln(Ba))}$

Avec : Br = biomasse racinaire, LN = Logarithme Népérien et Ba = la biomasse aérienne totale.

Et $CE = B \times FC$ avec : CE = carbone emmagasiné (t C/ha), B = biomasse (t/ha) et FC = fraction de carbone (%).

2. RESULTATS

2.1 Evaluation du stock de carbone dans le sol

La teneur en carbone du sol dans les systèmes agro-forestiers de karité et de néré diminue en fonction de la profondeur de prélèvement. Le stock de carbone total estimé dans les 20 premiers centimètres de profondeur du sol est de 3,09 t C /ha soit 53% du carbone, ce qui représente au total $5,85 \pm 0,67$ t C /ha dans l'ensemble de la profondeur de prélèvement (Figure 2). Le Tableau 1 présente le stock de carbone sous et hors houppier selon qu'il s'agit des jachères ou des champs. Le stock de carbone dans les jachères est de 5,07 t C /ha contre 6,64 t C /ha dans les champs. Sous les karités, le taux du carbone est largement supérieur dans les jachères comparativement aux parcelles sous culture. Par contre, sous les nérés, on observe une situation inverse. En général, hors houppier, la teneur du sol en carbone est 2,2 fois supérieure dans les champs comparativement aux sols sous jachère.

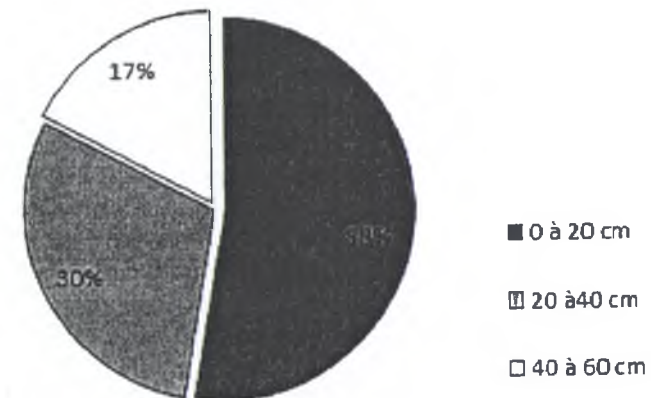


Figure 2: Répartition du stock de carbone dans les différents horizons du sol du système agro-forestier de karité et de néré

Tableau 1 : Répartition du carbone sous houppier du karité et du néré et hors houppier

Lieu de prélèvement de l'échantillon	Sous houppier		Hors houppier
	du karité	du néré	
En champ	4,87	7,42	7,64
en jachère	5,20	6,60	3,40

2.2 Evaluation du stock de carbone dans la biomasse morte et la biomasse vivante

Sur le sol du parc à karité et néré, une couche de litière est toujours présente et est moins épaisse en saison des pluies. Le stock de carbone contenu dans la biomasse morte est présenté dans le Tableau 2. Il ressort du tableau que la grande partie du carbone de la biomasse morte se trouve concentrée dans la litière du parc à karité et néré soit 6 fois la teneur du carbone contenue des bois morts tombés au sol. Ceci s'explique par l'abondance de la litière comparativement aux souches et aux bois morts tombés au sol. Au total, le stock de carbone dans la matière organique morte est de $2,35 \pm 0,31$ t C/ha avec une forte contribution de la litière.

Au niveau de la biomasse vivante, on distingue la biomasse aérienne des arbres, des herbacées et des arbustes en régénérescence et la biomasse souterraine. Le stock de carbone dans la biomasse vivante dans le parc à karité et néré de Bembèrèkè est de $24,42 \pm 6,98$ t C/ha, soient 58% de carbone dans la biomasse ligneuse, 23% de la biomasse des formations en régénérescence et des arbustes, 17% de la biomasse souterraine et 2% de la formation herbacées (Tableau 2).

Tableau 2 : Stock de carbone dans la biomasse morte et la biomasse vivante dans le parc à karité et néré

Types de biomasse	Biomasse (t MS/ha)	Stock de carbone (t C/ha)
Biomasse morte		
Litière	3,7	$1,89 \pm 0,07$
Souches	0,25	$0,13 \pm 0,03$
Bois mort tombés au sol	0,64	$0,32 \pm 0,21$
Total	4,59	$2,35 \pm 0,31$
Biomasse vivante		
Arbres	28,38	$14,19 \pm 2,77$
Régénérescence et arbustes	11,14	$5,57 \pm 3,41$
Herbacées	0,81	$0,40 \pm 0,06$
Biomasse souterraine	8,51	$4,25 \pm 0,74$
Total	48,84	$24,42 \pm 6,98$

2.3 Evaluation du stock total de carbone dans le parc à karité et néré de Bembèrèkè

Le carbone total dans l'écosystème considéré est la somme des stocks de carbone dans tous les compartiments du système à savoir : le sol, la biomasse morte et la biomasse vivante. Le Tableau 3 présente la quantité totale de carbone stockée dans le parc à karité et néré. Le carbone total stocké est de $32,62 \pm 5,91$ t C/ha avec la plus grande valeur enregistrée dans la biomasse vivante aérienne (soit 62 % du stock total) suivi du sol (soit 18 % du stock total). La plus faible valeur est enregistrée au niveau de la biomasse morte (soit 7 % du stock total).

Tableau 3 : Evaluation du stock total de carbone dans le parc à karité et néré

Type de Biomasse	Stock de carbone en t C/ha
Biomasse aérienne vivante	$20,17 \pm 4,19$
Biomasse souterraine	$4,25 \pm 0,74$
Matière organique morte	$2,35 \pm 0,31$
Sol	$5,85 \pm 0,67$
Total	$32,62 \pm 5,91$

3. DISCUSSION

Le stock de carbone dans le sol est estimé à $5,85 \pm 0,67$ t C/ha. La valeur obtenue pour le parc à karité et néré étudié est supérieure à celle obtenue par Traoré et al. (2004) qui est de 4,9 t C/ha pour les sols de profondeur 0-10 cm du parc à karité du Mali (Pluviométrie annuelle : 900 mm ; Température moyenne annuelle : 27°C ; évapotranspiration : 2036 mm/an). Par contre, cette valeur est largement inférieure à celle trouvée par Volkoff et al. (1999) qui ont trouvé que le stock de carbone dans les sols ferrugineux tropicaux du Bénin était de 32 t C/ha avec un coefficient de variation de 40% pour une profondeur de 0-50 cm. La faible teneur en carbone du sol du site étudié peut s'expliquer par le fait que la teneur du sol étudié en carbone est très faible. En effet, le sol de notre milieu d'étude est un sol ferrugineux concrétionné avec un taux de concrétion de 41,32%. Ces sols sont sujets à des pratiques intensives de culture avec une observation de très courte période de jachère. Toutefois, si l'utilisation des engrais minéraux contribue à une augmentation des rendements culturaux, il faut

noter que les pratiques agricoles dans la zone avec usage des feux pour le nettoyage des parcelles pourraient contribuer à une destruction de la matière organique par une intensification de la minéralisation. Les feux de brousse annuels ne permettent pas également de mieux valoriser la quantité de déjection animale produite.

Dans la biomasse morte, la teneur en carbone est de $2,35 \pm 0,31$ t C /ha. Cette valeur est proche de l'estimation faite par St Laurent et al. (2000). Ces auteurs ont trouvé que la quantité de carbone organique dans la couverture morte des peuplements de sapins de 7 et 12 ans après coupe, passe de $2,48$ à $3,82 \pm 0,21$ t C /ha. Cette valeur diminue dans un peuplement de 22 ans jusqu'à $3,42 \pm 0,21$ t C /ha. Ce résultat est aussi confirmé par IPCC (2003) qui estime la teneur en carbone de la biomasse morte à $2,8$ t C /ha et que celle ci peut varier entre 2 à 3 t C /ha.

Le stock de carbone dans la biomasse aérienne vivante est de $20,17 \pm 4,19$ t C /ha. Ce résultat est contenu dans l'intervalle des valeurs obtenues par Valentini (2007) (10 et 60 t C /ha). Ce résultat corrobore également avec ceux trouvés par Schroth et al. (2002) (13 - 42 t C/ha) et Albrecht et Kandji (2003) (7 - 25 t C/ha). Par contre, cette valeur est largement inférieure à l'intervalle donné par Palm et al. (2000) (40 - 60 t C /ha). Elle est supérieure à celle obtenue par Peltier et al. (2007) qui ont trouvé un stock de carbone de $5,046$ t C /ha dans la biomasse aérienne d'un parc à karité du Nord- Cameroun. Si le résultat obtenu est supérieur à cette dernière, c'est que l'étude actuelle tient compte de plusieurs composantes telles que les herbacées, la végétation en régénérescence et les arbustes qui n'ont pas été prise en compte par les auteurs.

Le stock de carbone contenu dans les parcs à karité et néré étudiés est de $32,62 \pm 5,91$ t C /ha. Selon Albrecht et Kandji (2003), la capacité de stockage du carbone d'un système agro-forestier varie entre 12 et 228 t C/ha avec une valeur moyenne de 95 t C /ha. La valeur obtenue par l'étude est comprise dans cet intervalle. En effet, la quantité de carbone séquestrée par le système agro-forestier dépend largement du système de culture mise en place, de la structure et de la fonction de ce dernier. Cela dépend aussi des espèces incluses dans le système agro-forestier et le système de gestion de ce dernier. Le stock de carbone séquestré calculé dans le cadre de la présente étude est supérieur à celui du parc à karité du Mali, 24 t C/ha estimé par Traoré et al., (2004). Cet écart s'explique par le fait que la

densité des arbres de karité est élevée au Bénin comparativement à celle des parcs du Mali. Toutefois, cette valeur du stock de carbone dans les parcs à karité et néré du Bénin est largement supérieure à celle des parcelles mises en culture sans présence d'arbre. Sur la base de ces différents résultats, on peut déduire que les systèmes agro-forestiers sont d'excellent puits de carbone.

CONCLUSION

La présente étude consacrée au bilan du carbone dans les parcs à karité et néré au Bénin a permis de faire une estimation des stocks de carbone dans les diverses composantes du parc. Il ressort des principaux résultats que les parcs à karité et néré sont des systèmes agro-forestiers qui emmagasinent une quantité importante de carbone soit $32,62 \pm 5,91$ t C /ha dont 62% se trouve accumulé dans la biomasse aérienne, 18% dans le sol, 13% dans la biomasse souterraine et 7% dans la litière. Ces résultats confirment l'énorme potentiel des parcs à karité et néré dans la séquestration du carbone. Les producteurs de la zone d'étude devraient profiter du protocole de Kyoto et du marché mondial du carbone lesquels pourraient leur assurer des revenus financiers additionnels et des apports techniques pour développer des systèmes de production durable grâce à l'implantation des projets de séquestration du carbone.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ademe, 2008. "Bilan du carbone et méthodes d'estimation", Document disponible sur le site www.ademe.fr/bilan-carbone, consulté le 22 septembre 2009.
- Albrecht A. et Kandji S.T., 2003. "Carbon sequestration in tropical agroforestry Systems", Agriculture Ecosystems and Environment. 99: 15-27.
- Bonkougou E.G., 2002. "L'arbre à karité (*Vitellaria paradoxa*) et les parcs à karité en Afrique", Actes de l'atelier organisé par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, le Fonds Commun pour les Produits de Base et le Centre de Suivi Ecologique Dakar, Sénégal du 4 au 6 mars. 54 - 63 pp.
- Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H. et Baumgardner G.A., 1997. "Root biomass allocation in the world's upland forests", Oecologia. 111: 1-11.

CRA-Nord/INRAB, 2007. "Rapport annuel", Ina (Bembèrèkè), Bénin.

FAO, 1990. "Guidelines for Soil Profile Description, 3rd edition (revised)", Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Soil Reference Information Centre, Land and Water Development Division. FAO, Rome.

FAO, 1997. "Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer" A Forest Resources Assessment publication. FAO Forestry Paper N°134.

Gbedji E.K.Y., 2003. Caractérisation morphologique et structurale des parcs à néré (*Parkia biglobosa* (Jack.) R. Br. Ex. G. Dom.) au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 124 p.

Gnanaglè P.C., 2005. "Parcs à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn. C. F.) (Sapotaceae) au Bénin : Importance socio-culturelle, caractérisations morphologique, structurale et régénération naturelle", Mémoire de DEA en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles FSA/UAC. 111 pp.

IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry (LULUCF). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

MacDiken K.G., 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arlington, USA, 91p.

Palm C.A., Woome P.L., Alegre J., Arevalo L., Castilla C., Cordeiro D.G., Feigl B., Hairiah K., Kotto-Same J., Mendes A., Moukam A., Murdiyarso D., Njomgang R., Parton W.J., Ricse A., Rodrigues V., Sitompul S.M. and Van Noordwijk M., 2000. Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative Land uses in the humid tropics. Final Report, Alternatives to Slash and Burn (ABS). Climate Change Working Group, Phase II. ICRAF, Nairobi, Kenya. 29 p.

Peltier R., Njiti Forkong C., Ntoupka M., Manlay R., Henry M. et Morillon V., 2007. Evaluation du stock de carbone et de la productivité en bois d'un parc à karités du Nord-Cameroun. Revue Bois et Forêts des Tropiques N° 294 (4) 39-50.

Schroth G., D'Angelo S.A., Teixeira W.G., Haag D. and Lieberei R., 2002. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *Forest Ecology and Management*. 163: 131-150.

Segura, A., Kasting, J.F., Meadows, V., Cohen, M., Scalo, J., Crisp, D., Butler, R.A.H., and Tinetti, G., 2005. Biosignatures from Earth-like planets around M dwarfs. *Astrobiology* 5(6), 706-725.

St Laurent S., Ouimet R., Tremblay S., et Archambault L., 2000. Evolution des stocks de carbone organique dans le sol après coupe dans la sapinière à bouleau jaune de l'est du Québec. *Canadian Journal of Soil Science* 80 : 507 - 514

Traoré K., Ganry F., Oliver R., Gigou J., 2004. Litter production and soil fertility in a *Vitellaria paradoxa* parkland in a catena in southern Mali. *Arid Land Research and Management*, 18(4): 359-368.

Valentini G., 2007. Evaluation de la séquestration du carbone dans des plantations Agro-forestières et des jachères issues d'une agriculture migratoire dans les territoires autochtones de Talamanca au Costa Rica. Mémoire de Maîtrise (M.Sc.) en Biologie Végétale, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval Québec, Canada. 128 p.

Volkoff B., Faure P., Dubroeuq D., Viennot M., 1999. Estimation des stocks de carbone des sols du Bénin, étude de gestion des sols. Rapport d'étude, INRAB, Bénin. pp. 115-130.

Wala K., Sinsin B., Guelly K., Kokou K., Akpagana K., 2005. Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Sécheresse* 16 (3) : 209-16.