



Journal of Applied Biosciences 160: 16482 - 16494  
ISSN 1997-5902

# Distribution des stocks de carbone du sol et de la biomasse racinaire dans un parc agroforestier à *Prosopis africana* (Guill., et Rich.) Taub au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest

KOALA Jonas<sup>1</sup>, KAGAMBEGA O. Raymond<sup>2</sup>, SANOU Lassina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), BP 10, Koudougou, Burkina Faso

<sup>2</sup>Ecole nationale des eaux et forêts(ENEF) 01 BP 1105 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso 01

Auteur correspondant : Koala Jonas, [ezeyamb@gmail.com](mailto:ezeyamb@gmail.com)

Submitted on 4<sup>th</sup> March 2021. Published online at [www.m.elewa.org/journals/](http://www.m.elewa.org/journals/) on 30th April 2021  
<https://doi.org/10.35759/JABs.160.5>

## RESUME

**Objectif :** Cette présente étude visait à déterminer la distribution verticale des stocks de carbone organique du sol et de la biomasse racinaire dans un parc agroforestière à *Prosopis africana* (Guill., et Rich.) Taub au Burkina Faso.

**Méthodologie et Résultats :** L'étude a été menée à Saria sur un dispositif factoriel avec 3 répétitions. L'échantillonnage des racines et du sol a été fait par l'extraction de monolithes sur 5 couches à une profondeur de 150 cm. Les résultats montrent que la profondeur a influencé les stocks de carbone. La couche 0-50 cm renferme 91% du stock total de carbone de la biomasse racinaire. Les stocks de Carbone Organique du Sol (COS) le plus élevé a été enregistré dans la couche 80-120 cm ( $26,59 \pm 7,94 \text{ tC ha}^{-1}$ ), contre  $8,74 \pm 6,05 \text{ tC ha}^{-1}$  dans la couche 0-20 cm.

**Conclusion et implication des résultats :** Les résultats montrent que les parcs agroforestiers étudiés ont un fort potentiel de séquestration de carbone. Cependant, les éventuels projets de carbone dans les parcs agroforestiers devront se focaliser sur la biomasse végétale aérienne et souterraine car le carbone organique du sol paraît ne pas être influencé par les différents aménagements. Aussi pour une bonne gestion de ces stocks de carbone, des études complémentaires doivent être menées en vue de comprendre le cycle de renouvellement des racines fines des parcs agroforestiers afin de mesurer les flux de carbone organique du sol dans les parcs agroforestiers.

**Mots clés :** Carbone organique du sol; Parc agroforestier, *Prosopis africana*, séquestration de carbone ; Biomasse racinaire

## Distribution of carbon stocks from soil and root biomass in *Prosopis africana* (Guill., And Rich.) Taub agroforestry parkland in Burkina Faso, West Africa.

### ABSTRACT

**Objectives** The aim of this study was to determine soil organic carbon stocks and root biomass carbon vertical distribution in an agroforestry parkland of *Prosopis africana* (Guill., And Rich.) Taub in Burkina Faso.

**Methodology and Results:** The study was carried out in Saria on factorial design with 3 replicates. Root and soil sampling was done by extracting monoliths in 5-layer up to 150 cm depth. Results show that depth influenced carbon stocks. 0-50 cm layer contains 91% of root biomass total carbon stock. Highest soil Organic Carbon (SOC) stocks were recorded in 80-120 cm layer ( $26.59 \pm 7.94$  tC ha<sup>-1</sup>), compared to  $8.74 \pm 6.05$  tC ha<sup>-1</sup> in 0-20 cm layer.

**Conclusions and application of findings:** Our results show that agroforestry parklands have a high carbon sequestration potential. However, any carbon projects in agroforestry parklands have to focus on trees above-ground and below-ground biomass because soil organic carbon does not influenced by management. Also for good management of these carbon stocks, additional studies must be carried out in order to understand the renewal cycle of fine roots in agroforestry parks in order to measure organic carbon flow from soil in agroforestry parklands.

**Keywords:** Soil organic carbon; Agroforestry parklands, *Prosopis africana*, carbon sequestration; Root biomass

### INTRODUCTION

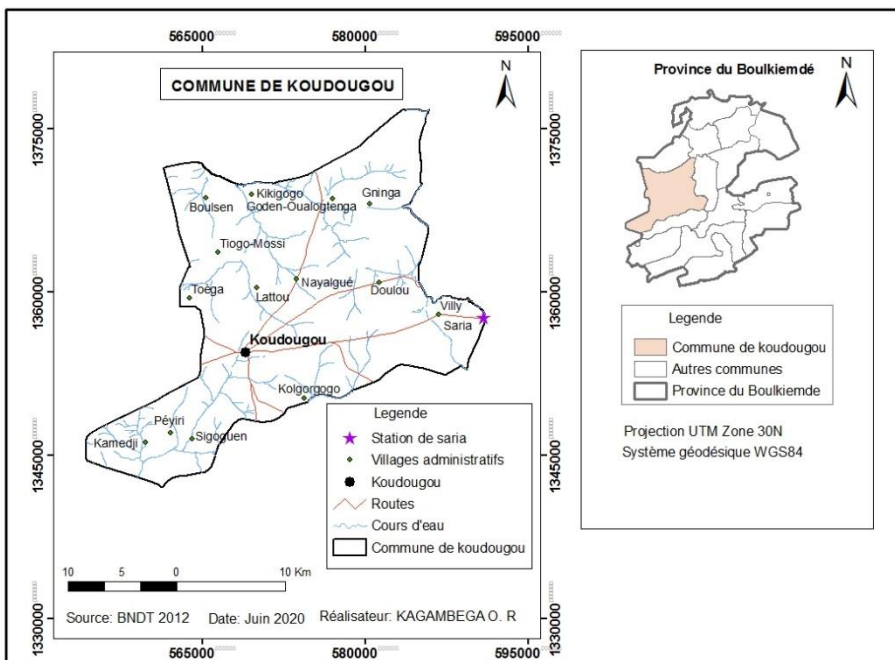
L'agroforesterie est un système d'utilisation des terres traditionnel qui est toujours utilisé de nos jours par les populations (Santoro *et al.*, 2020). Elle est considérée comme un système durable car contribuant à lutter contre la dégradation des terres. Sa contribution à l'amélioration à la productivité de l'agriculture est bien reconnue de nos jours (Montagnini and Nair, 2004). L'amélioration de la productivité est due à l'augmentation de la matière organique et au recyclage des éléments nutritifs dans le système à travers la litière et la décomposition des racines fines (Phillips *et al.*, 2012). La strate ligneuse de la technologie agroforestière est en outre, source de produits pour l'alimentation humaine et animale, l'artisanat, la pharmacopée etc. (Boffa, 2000; Diatta, 2015). Cependant, les technologies agroforestières ont l'inconvénient de concurrencer les cultures (Dupraz and Liagre, 2008). Mais, les multiples avantages qu'ils procurent à l'environnement et aux populations largement reconnus font que ce système de production retienne l'attention de

plusieurs chercheurs qui se focalisent spécifiquement sur leurs rôles probables dans le stockage du carbone dans le contexte des changements climatiques (Kumar and Nair, 2011). Cet engagement est soutenu par des études qui montrent qu'elles présentent un fort potentiel de stockage de carbone par rapport aux monocultures agricoles (Hamon *et al.*, 2009 ; Kumar and Nair, 2011 ; Diatta, 2015). Malheureusement, la capacité de séquestrer du carbone dans les technologies agroforestières des pays du Sahel est faiblement étudiée (Takimoto *et al.*, 2008). Au Burkina Faso plusieurs études se sont focalisées sur la composante aérienne (Koala, 2016; Sati, 2019), mais peu d'études se sont intéressées à la capacité de stockage du carbone souterrain dans les parcs agroforestiers (Koala, 2016; Koala *et al.*, 2015). Cette étude vise à combler ce gap et a comme objectif de déterminer la distribution verticale du stock de carbone de la biomasse racinaire et du sol des parcs agroforestiers sous différentes densités d'arbres.

## MATERIELS ET METHODES

**Site d'étude :** L'étude a été réalisée dans la station de recherche de Saria (12°16'00.0"N 2°09'00.0"W, 300 m altitude) au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest (Figure 1). Le climat est de type nord soudanien (Fontes et Guinko, 1995) et la pluviométrie annuelle moyenne au cours des 30 dernières années est de 822,36±95,14 mm an<sup>-1</sup>. Les précipitations sont uni-modales et durent principalement 5 mois de juin à octobre. Les températures quotidiennes moyennes varient entre 30 ° C pendant la saison des pluies et peuvent atteindre 35 ° C en avril et mai. Le sol est de type Lixisol ferrique avec une pente moyenne de 1,5%. La

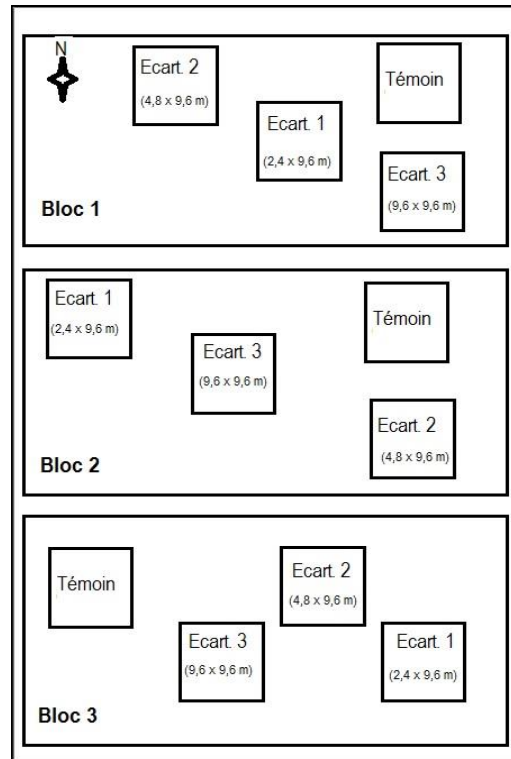
végétation ligneuse est composée d'espèces d'arbres et d'arbustes. Les espèces d'arbres sont dominées par *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Lannea microcarpa* *Tamarindus indica* *Kaya senegalensis* and *Azadirachta indica*. Pour les arbustes, les espèces communes sont *Guiera senegalensis*, *Ximenia americana*, *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum* *Acacia macrostachya* et *Acacia pennata*. Les spéculations agricoles les plus largement cultivées dans la station de recherche, et les zones environnantes sont différentes variétés de genres *Sorghum*, *Pennisetum* et *Vigna*



**Figure 1:** Localisation du site d'étude

**Description du dispositif expérimental :** Le dispositif utilisé est un factoriel bloc avec trois répétitions. Chaque répétition comporte 4 parcelles (Figure 3). Deux facteurs ont été considérés : « la densité d'arbre » de *Prosopis africana* et « la profondeur » de l'exploration. La densité des arbres a eu 4 niveaux : *Densité 0* (0) = 0 arbre à l'hectare (Témoin) ; *Densité 1* (1) = 434 arbres ha<sup>-1</sup>, avec des arbres plantés à des écartements 2,4m x 9,6 m

*Densité 2* (2) = 217 arbres ha<sup>-1</sup>, avec des arbres plantés à des écartements 4,8m x 9,6 m et *Densité 3* (3) = 109 arbre ha<sup>-1</sup>, avec des arbres plantés à des écartements 9,6m x 9,6 m *La profondeur* a été exprimée en couches :  
 Couche 1 : 0-20 cm  
 Couche 2 : 20-50 cm  
 Couche 3 : 50-80 cm  
 Couche 4 : 80-120 cm  
 Couche 5 : 120-150 cm



**Figure 2 :** Dispositif expérimental caractéristiques morphologiques des arbres 28 ans après leur installation

**Tableau 1 :** Caractéristiques morphologiques des arbres 28 ans après leur installation

	<b>Diam_Base (cm)</b>	<b>Diam_130 (cm)</b>	<b>Aire du Houppier</b>	<b>Hauteur (m)</b>
<b>Densité 1</b>	30,7±10,5a	22,7±7,1a	104,5±101,5a	10,3±1,6b
<b>Densité 2</b>	35,8±12,5b	26,1±8,7b	145,5±91,5a	9,9±1,7ab
<b>Densité 3</b>	39,7±09,7b	29,1±7,1b	222,7±102,4b	9,5±1,4a

Les caractéristiques morphologiques des arbres de *Prosopis africana* sont comme présentées dans le tableau 1

**Collecte des données :** Brièvement, des échantillons ont été prélevés dans chaque parcelle par extraction de monolithes suivant les méthodes utilisées par Koala *et al.*, (2015); Ping *et al.*, (2010) et Taylor *et al.*, (2013). Chaque point a été placé au centre du carré ou du rectangle formé par les 4 arbres les plus proches de celui-ci. Ainsi, 01 trou (1m x 1m x 1,5m) a été soigneusement creusé à une profondeur de 150 cm en considérant les couches 0-20 cm, 20-50 cm, 50-80 cm, 80-120 cm et 120-150 cm. Au total, 60

échantillons (5 profondeurs/trou x 12 trous) ont été constitués sur le terrain.

#### **Mesures du stock de carbone de la biomasse racinaire**

**Les racines (grosses racines et racines fines) ont été collectées sur les 5 couches considérées :** En raison des difficultés pour séparer les racines vivantes des racines mortes et les définitions ambiguës de la racine morte (Ping *et al.*, 2010), nous avons considéré la biomasse totale des grosses racines ( $d > 2$  mm) et des racines fines ( $d \leq 2$  mm) dans chaque couche. Les racines ont été triées manuellement et conditionnées dans des sachets en plastique, étiquetés et la masse fraîche (Mf) en kg a été mesurée à l'aide d'une

balance électronique de précision 0.1 g. Les racines très fines ayant échappé aux tris ont été capturées par tamisage à l'aide d'un tamis à mailles très fine (2 mm). La masse sèche (Ms) (en kg) a été mesurée après séchage des racines

$$Bmi (t ha^{-1}) = \frac{Msi \times 10\ 000\ m^2}{1\ m^2 \times 1000} \quad (1)$$

Avec Bmi (t ha<sup>-1</sup>) = densité de la biomasse racinaire (grosse ou fine) par couche ; Msi (kg)= Masse sèche de la biomasse racinaire par

$$SCi (t ha^{-1}) = Bmi (t ha^{-1}) \times 0,5 \quad (2)$$

Avec SCi (t ha<sup>-1</sup>) = densité du stock de carbone de la couche ; Bmi (t ha<sup>-1</sup>) = la densité de la biomasse racinaire de la couche et 0,5 = facteur de conversion de la biomasse en carbone recommandé par le GIEC, (2007).

**Mesure du stock du carbone organique du sol :** Les échantillons de sol ont été prélevés dans les mêmes couches où les racines ont été échantillonnées. Le prélèvement a été fait à l'aide d'un coffret métallique (Koala *et al.*, 2015) d'un volume (Vcf) de 450 cm<sup>3</sup> (10x10x4,5 cm). Dans chaque couche, le coffret métallique est enfoncé latéralement (Photo 2B) et le contenu soigneusement récupéré dans un sachet et étiqueté. Ainsi, 5 échantillons par parcelle ont été collectés soit

$$Mfc (kg) = \frac{Mfe(kg) \times VC}{Vcf} \quad (3)$$

Avec VC= au volume de la couche et Vcf= au volume du coffret utilisé pour le prélèvement

$$SC_c = Cc(g\ kg^{-1}) \times Mfc (kg) \quad (4)$$

Ce stock de carbone est extrapolé à l'hectare par la formule suivante :

$$SC (t ha^{-1}) = SC_c \times 10\ 000 \quad (5)$$

**Analyse des données :** Les données n'étaient pas normalement distribuées, mais nous avons évité la transformation des données comme solution pour répondre à l'hypothèse d'une analyse paramétrique considérée

collectées par couche à l'étuve à 80°C jusqu'à poids constant. La biomasse racinaire par couche (Bmi) exprimée en tonne par hectare (t ha<sup>-1</sup>) a été calculée par la formule suivante :

couche. La biomasse obtenue par couche a permis de calculer le stock du carbone y afférant. La formule utilisée est la suivante :

un total de 60 échantillons de sol. Au laboratoire de la station de Saria, ces échantillons de sol ont été pesés à l'aide d'une balance électronique pour avoir le poids de chaque échantillon prélevé. Ils ont été ensuite séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm et la masse des éléments fins (Mfe) et celle de ceux grossiers (Mge) ont été déterminés. Un échantillon à poids connu (50 g) des éléments fins de chaque couche a été prélevé, étiqueté et conditionné dans un sachet. Ces échantillons ont été envoyés au laboratoire pour le dosage de la Concentration du carbone total (Cc). La masse du sol fin de chaque couche (Mfc) a été calculée par la formule suivante :

Le Stocks du carbone par couche (SC<sub>c</sub>) est calculé suivant la formule ci-dessous:

principalement comme plus robuste, car certaines informations écologiques intéressantes pourraient être mal appréciées (Zuur *et al.*, 2009). Par conséquent, une analyse non paramétrique a été utilisée pour



l'analyse des données. Des moyennes marginales et les écarts types de chaque variable pour chaque traitement (*densité d'arbres* et *profondeur*) ont été estimés et le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour

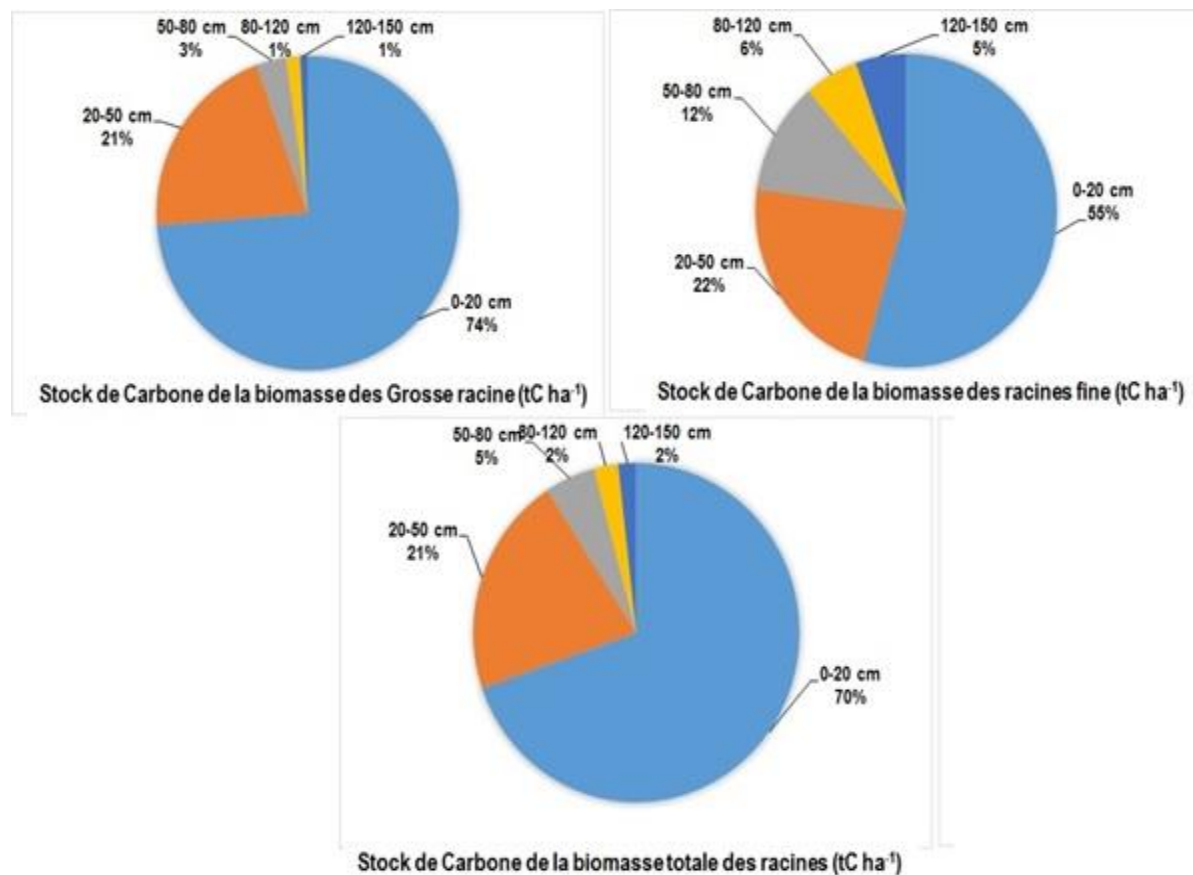
comparer la variation des variables entre les différentes densités. Le seuil de significativité utilisé a été de 5%. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec IBM SPSS Statistics 22.

## RESULTATS

### Distribution des stocks de carbone de la biomasse racinaire

**Distribution des Stocks de carbone de la biomasse totale des racines :** La quantité de la biomasse racinaire totale de *Prosopis africana* varie en fonction de la profondeur ( $P = 0,001$ ). Elle est plus importante dans les couches supérieures que dans les couches inférieures (Figure 3). La couche 0-20cm renferme 70% ( $3,00 \pm 1,00 \text{ tC ha}^{-1}$ ) du stock de carbone de la biomasse racinaire totale de la

profondeur 0-150 cm (Figure 3). Elle est suivie respectivement par la couche 20-50cm avec 21% ( $0,91 \pm 0,41 \text{ tC ha}^{-1}$ ), la couche 50-80cm avec 5% ( $0,21 \pm 0,08 \text{ tC ha}^{-1}$ ), la couche 80-120cm avec 2% ( $0,10 \pm 0,03 \text{ tC ha}^{-1}$ ) et la couche 120-150cm avec 2% ( $0,08 \pm 0,03 \text{ tC ha}^{-1}$ ). La profondeur 0-50 cm renferme l'essentiel du stock du carbone de la biomasse racinaire avec une proportion de 91% du stock total (Figure 3).



**Figure 3 :** Proportion des stocks de carbone de la biomasse des racines fines, des grosses racines et des racines totale de *Prosopis africana* en fonction des couches de sol.

La densité des arbres de *Prosopis africana* a eu un effet hautement significatif sur le stock du carbone de la biomasse racinaire (Tableau 2). Comme attendu, la différence des stocks moyens de carbone de la biomasse racinaire de *Prosopis africana* obtenue d'une part dans les parcelles à densité 1, 2 et 3 (respectivement  $1,48 \pm 0,62$  tC ha<sup>-1</sup>,  $2,17 \pm 2,21$  tC ha<sup>-1</sup> et

$2,80 \pm 2,50$  tC ha<sup>-1</sup>) et d'autre part dans les parcelles témoins ( $0,06 \pm 0,07$  t/ha), a été très hautement significative ( $p < 0,001$ ) (Tableau 2). Par contre La comparaison deux à deux entre ces trois traitements montre que les stocks de carbone de la biomasse racinaire dans les densités 1, 2 et 3 ne sont pas statistiquement différents ( $P > 0,05$ ).

**Tableau 2 :** Stocks de carbone de la biomasse racinaire dans les différents traitements

	<b>Stock Carbone biomasse Racines fines (tC ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Stock Carbone biomasse Grosses Racines (tC ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Stock Carbone biomasse totale des racines (tC ha<sup>-1</sup>)</b>
Témoin	0,06±0,07a	0±0a	0,06±0,07a
Densité 1	0,6±0,25b	1,07±0,75b	1,48±0,62b
Densité 2	0,38±0,26b	1,79±0,85b	2,17±2,21b
Densité 3	0,4±0,27b	2,4±1,25b	2,80±2,5b
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001

L'interaction entre la densité des arbres et la profondeur a eu un effet significatif ( $P=001$ ) sur les stocks de carbone de la biomasse racinaire. Dans toutes les densités d'arbre les

stocks de carbone de la biomasse racinaire sont plus concentrés dans les couches 0-20 cm et 20-50 cm (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Evolution en profondeur des stocks de carbone en fonction de la densité des arbres de *Prosopis africana*

Couches	Stocks de carbone	0-20	20-50	50-80	80-120	120-150
Densité 0	Racines Fines	0,03±0,04a	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b
	Grosses Racines	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,00±0,00a
	Racines Totales	0,03±0,04a	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b
Densité 1	Racines Fines	0,33±0,13a	0,18±0,18ab	0,03±0,02b	0,03±0,01b	0,03±0,01b
	Grosses Racines	0,55±0,18a	0,25±0,28ab	0,05±0,02b	0,05±0,01b	0,01±0,01b
	Racines Totales	0,88±0,15a	0,43±0,47ab	0,08±0,02b	0,06±0,00b	0,03±0,01b
Densité 2	Racines Fines	0,15±0,14a	0,11±0,16ab	0,10±0,15ab	0,01±0,01b	0,01±0,01b
	Grosses Racines	1,18±1,31a	0,57±0,49ab	0,04±0,05b	0,01±0,00b	0,01±0,01b
	Racines Totales	1,33±1,44a	0,68±0,61ab	0,13±0,14b	0,02±0,01b	0,02±0,01b
Densité 3	Racines Fines	0,27±0,12a	0,03±0,02b	0,03±0,03b	0,04±0,05b	0,05±0,06b
	Grosses Racines	2,02±1,72a	0,24±0,35b	0,08±0,09b	0,04±0,05b	0,03±0,04b
	Racines Totales	2,28±1,84a	0,27±0,36b	0,11±0,11b	0,08±0,10b	0,07±0,09b

NB : Les données sur la même ligne avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à 95%

**Distribution des Stocks de carbone de la biomasse des racines fines de *Prosopis africana* :**

Les stocks de carbone des racines fines de *Prosopis africana* sur la profondeur de 150 cm sont en moyenne de  $0,35 \pm 0,23 \text{ tC ha}^{-1}$  et représentent en moyenne 21,63% de la biomasse totale moyenne (Figure 3). Le stock de carbone est plus important dans les parcelles à densité 1, 2 et 3. Elles ont été en moyenne de  $0,60 \pm 0,35 \text{ tC ha}^{-1}$ ,  $0,38 \pm 0,46 \text{ tC ha}^{-1}$  et  $0,40 \pm 0,27 \text{ tC ha}^{-1}$  respectivement pour la densité 1, 2 et 3 (Tableau 4). Ces stocks dans ces trois niveaux de densités d'arbre n'ont pas été statistiquement différents ( $P > 0,05$ ). Par contre, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été observée entre chacune des trois densités d'arbres (1, 2, et 3) de *Prosopis africana* et le témoin (Tableau 2). Les parcelles témoins ont enregistré les stocks plus faibles avec une

moyenne de  $0,03 \pm 0,04 \text{ tC ha}^{-1}$ . Tout le stock de carbone de la biomasse des racines fines dans ces parcelles témoins est totalement concentré dans la couche 0-20 cm. Le stock de carbone de la biomasse des racines fines de *Prosopis africana* a varié également en fonction des profondeurs ( $P < 0,05$ ) (Figure 3). Il est plus important dans les couches supérieures que dans les couches inférieures. Les couches 0-20 cm ( $0,50 \pm 0,12 \text{ tC ha}^{-1}$ ) et 20-50 cm ( $0,21 \pm 0,10 \text{ tC ha}^{-1}$ ) renferment les plus grands stocks de carbone des racines fines, représentant 54,29% et 22,86% du stock total de la profondeur 0-150 cm (Figure 2). Les couches les plus profondes (80-120 cm et 120-150 cm) ont enregistré les plus faibles stocks de carbone de biomasse de racine fine avec une moyenne de  $0,05 \pm 0,02 \text{ tC ha}^{-1}$  pour chaque couche (Tableau 4).

**Tableau 4 :** Distribution des stocks de carbone de la biomasse suivant les couches du sol.

	Grosse (tC ha <sup>-1</sup> )	Fine (tC ha <sup>-1</sup> )	Total (tC ha <sup>-1</sup> )
0-20 cm	$2,49 \pm 0,93$	$0,50 \pm 0,12$	$3,00 \pm 1,00$
20-50 cm	$0,70 \pm 0,32$	$0,21 \pm 0,10$	$0,91 \pm 0,41$
50-80 cm	$0,11 \pm 0,04$	$0,11 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,08$
80-120 cm	$0,05 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,03$
120-150 cm	$0,03 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,03$

**Distribution des Stocks de carbone de la biomasse des grosses racines :**

Comme il fallait s'attendre, la présence des arbres de *Prosopis africana* a influencé significativement ( $P < 0,001$ ) le stock de carbone de la biomasse des grosses racines (Tableau 2). Pour les parcelles à densité 1, 2 et 3, les stocks de carbone des grosses racines ont été statistiquement similaires avec  $1,07 \pm 0,75 \text{ tC ha}^{-1}$ ,  $1,79 \pm 1,85 \text{ tC ha}^{-1}$  et  $2,40 \pm 2,25 \text{ tC ha}^{-1}$  respectivement. La profondeur a également influencé significativement ( $P = 0,004$ ) la distribution verticale des stocks de carbone de la biomasse des grosses racines de *Prosopis africana*. Ces stocks de carbone sont plus concentrés (73%) dans la couche 0-20 cm avec une moyenne de  $2,49 \pm 0,93 \text{ tC ha}^{-1}$ . Les plus faibles stocks sont enregistrés dans la couche

120-150 cm avec une moyenne de  $0,03 \pm 0,02 \text{ tC ha}^{-1}$  représentant 0,8% du stock de carbone de la profondeur 0-150 cm (Figure 3).

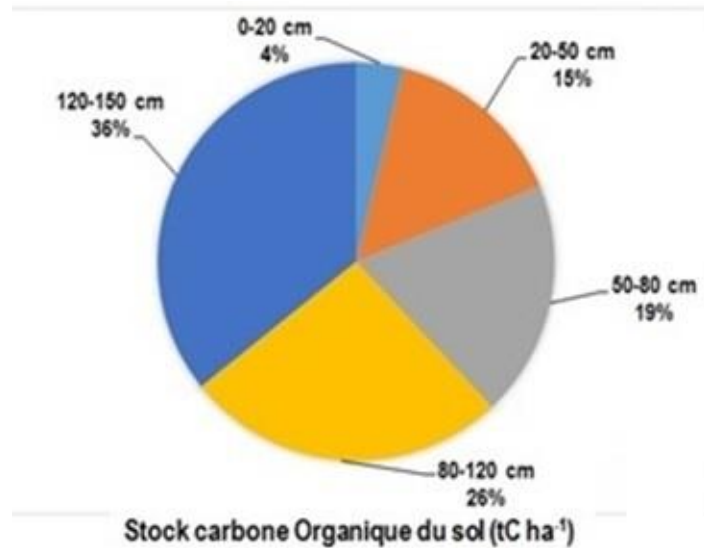
**Distribution des stocks du carbone organique du sol :**

Le test de Kruskal wallis a révélé une différence non significative ( $P > 0,05$ ) des stocks de carbone organiques des sols entre les densités 0, 1, 2 et 3. Les stocks de carbone totaux entre 0-150 cm ont été de  $87,62 \pm 11,16 \text{ tC ha}^{-1}$ ,  $93,60 \pm 25,48 \text{ tC ha}^{-1}$ ,  $99,01 \pm 32,83 \text{ tC ha}^{-1}$  et  $98,61 \pm 32,07 \text{ tC ha}^{-1}$ , respectivement pour les densités 0, 1, 2 et 3 (Tableau 5). Cependant, les stocks de carbone ont significativement ( $P < 0,001$ ) variés suivant la profondeur. Les couches 20-50 cm et 80-120 cm ont enregistré les stocks de carbone les plus élevés avec des stocks moyens respectifs de  $21,93 \pm 6,87 \text{ t ha}^{-1}$  (23,15%) et  $26,59 \pm 7,94$



t ha<sup>-1</sup> (28,07%) du total du stock total de la profondeur 150 cm. Elle est suivie des couches 50-80 et 120-150 cm avec des stocks respectifs de 18,82±6,53 tC ha<sup>-1</sup> (19.87%) et 19,10±4,60

tC ha<sup>-1</sup> (20,16%). La couche supérieure 0-20 cm a enregistré la plus faible quantité de carbone avec une moyenne de 8,28±6,05 t ha<sup>-1</sup> (08,74%) (Figure 5).



**Figure 5 :** Proportion des stocks de carbone organique du sol suivant les couches du sol (A) et Evolution en profondeur des stocks de carbone organique du sol en fonction de la densité des arbres

**Tableau 5 :** Distribution des stocks de carbone organique du sol suivant les couches du sol.

Couches	Stocks de carbone organique du sol par profondeur (tC ha <sup>-1</sup> )				Stock moyens
	Densité 0	Densité 1	Densité 2	Densité 3	
0-20 cm	3,74± 2,27	7,48± 2,66	6,38± 3,03	15,51± 8,00	8,28±6,05 c
20-50 cm	21,70± 2,40	20,09± 8,04	29,14± 8,11	16,78± 0,60	21,93±6,87ab
50-80 cm	19,75± 2,63	17,21± 0,24	18,76± 2,89	19,56±14,61	18,82±6,53 b
80-120 cm	25,40± 1,12	27,97± 9,69	27,80± 15,42	25,17± 2,02	26,59±7,94 a
120-150 cm	17,04± 2,75	20,84± 4,85	16,92± 3,38	21,59± 6,84	19,10±4,60 b

## DISCUSSION

**Distribution des stocks de carbone de la biomasse racinaire :** La quantité de la biomasse totale racinaire varie en fonction de la profondeur. Quatre-vingt-onze pourcent (91%) des stocks de carbone de la biomasse racinaire sont stockés dans la couche 0-50 cm. Nos résultats sont quasi similaires d'une part à ceux de Diatta, (2015) qui ont trouvé dans la zone semi-aride des Niayes au Sénégal des

proportion allant de 71% à 100% dans les premiers 60 cm de profondeurs pour des espèces comme *Acacia raddiana* (73 %), *Euphorbia balsamifera* (100 %), *Balanites aegyptiaca* (71 %) et *Nauclea macrophylla* (74 %) et d'autre part avec ceux de Das and Chaturvedi, (2008) qui ont observé des proportions allant de 47 à 91 % de la biomasse racinaire de *Acacia auriculiformis*,

*Azadirachta indica*, *Bauhinia variegata*, *Wendlandia exserta* distribuée dans les 20 premiers cm de profondeur. La biomasse racinaire n'a pas varié significativement par rapport aux trois densités d'arbres (1, 2 et 3). Des résultats similaires ont été trouvés par Koala et al., (2015) dans la forêt classée de Tiogo où la densité d'arbres et les perturbations anthropiques comme le feu et le pâturage n'ont pas influencé la biomasse totale des racines. Les stocks du carbone des racines fines de *Prosopis africana* représentent 21,63% du stock de la biomasse totale racinaire et ils sont concentrés dans les deux couches supérieures (0-20 cm et 20-50 cm) avec un total de 77% du total récolté sur 150 cm de profondeur. Les racines fines ont une vie relativement plus courte que les grosses racines. A travers un flux de production et de mortalité, elles sont constamment renouvelées. Les racines fines une fois mortes, constituent une importante source de carbone et de nutriments pour les écosystèmes forestiers (Gang et al., 2012; Taylor et al., 2013). Leur contribution annuelle au carbone du sol dans les écosystèmes forestiers représente plus de 50% (Taylor et al., 2013). Pour cela, la maîtrise du flux des racines fines permettrait donc d'avoir un aperçu sur le recyclage du carbone et autres nutriments au niveau du sol, et pourrait ainsi être utile dans les aménagements visant à accroître les stocks de carbone organique du sol et la fertilité des sols. Un total de stock de Carbone potentiel de  $0,35 \pm 0,23$  tC ha<sup>-1</sup> est susceptible d'être ajouté au stock organique du sol et ce en fonction du cycle de vie de ces racines fines. Des études complémentaires devront donc être faites sur le cycle de renouvellement de cette composante des racines afin de mieux comprendre les flux de carbone souterrain.

**Distribution des stocks du carbone organique du sol :** La densité des arbres de *Prosopis africana* n'a pas influencé significativement la capacité de stockage du carbone organique du sol ( $P=0,44$ ). Le carbone

organique obtenu sur la profondeur 150 cm vari de  $99,01 \pm 32,83$  t/ha à  $93,60 \pm 25,48$  t/ha respectivement pour les densités 2 et 3. Les parcelles témoins ont obtenu une moyenne de carbone organique de  $87,62 \pm 11,16$  t/ha pour la même profondeur. Ces valeurs enregistrées pour *Prosopis africana* sont supérieures à celles obtenues par Saïdou et al., (2012) qui ont trouvé un stock de carbone organique de  $5,85 \pm 0,67$  t/ha dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin sur une profondeur de 60 cm et similaires au stock de carbone enregistré avec les travaux de Volkoff et al., (1999) dans les sols ferrugineux tropicaux du Bénin qui était de 32 t/ha dans la couche 0-50 cm. Les résultats de notre recherche sont aussi supérieurs à ceux publiés par le GIEC, (2003) pour les zones tropicaux secs qui est de 31 tC/ha à 60cm de profondeur pour les zones tropicales sèches et ceux obtenus par Palm, (2000) dans un système agroforestier basé sur le cacao qui est de 42 tC/ha sur une profondeur de 60 cm. La capacité de stockage du carbone par le sol varie en fonction du type de sol et des conditions climatiques (Kooke et al., 2019). La quantité de carbone organique du sol dans les parcs à *Prosopis africana* a varié significativement selon les profondeurs ( $P=0,001$ ). La profondeur 80-120 cm a enregistré la plus grande quantité de carbone de sol avec  $26,59 \pm 7,94$  t/ha suivie de la couche 20-50 cm avec une quantité de  $21,93 \pm 6,87$  t/ha. La profondeur 0-20 cm a enregistré la plus faible quantité de carbone soit  $8,28 \pm 6,05$  t/ha. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Jobbagy and Jackson, (2000) qui ont travaillé sur des données obtenues dans des zones de climat tempéré et tropical. Ils ont montré que les stocks de carbone étaient plus concentrés dans la couche 0-20 cm avec une proportion de 42%. Cette différence pourrait s'expliquer par les pratiques de cultures et les conditions climatiques. Les pratiques culturales sont

extensives avec une absence d'apport de fertilisants. Cela fait que dans les parcs agroforestiers, le carbone des couches superficielles (0-20 cm) soit épuisé par les cultures. En outre, les pluies au Burkina Faso sont connues être intenses. Cela pourrait être à l'origine d'un lessivage du carbone organique du sol des couches supérieures vers les couches plus profondes.

#### **Implication de ces résultats dans l'aménagement des parcs agroforestiers :**

Les résultats montre que les parcs agroforestiers à *Prosopis africana* ont un fort potentiel de stockage de carbone souterrain notamment celui de la biomasse racinaire. Dans le contexte des changements climatiques, l'agroforesterie est parmi les options stratégiques pour la mise en œuvre de mesures d'atténuation au Burkina Faso. A cet effet, plusieurs projets sont en cours d'élaboration en réponses aux initiatives de paiement pour les services écosystémiques (MDP, REDD+). Les

#### **CONCLUSION**

L'objectif principal de l'étude était de contribuer à une meilleure connaissance de la distribution des stocks de carbone de la biomasse racinaire et du carbone organique du sol dans le parc agroforestier à *Prosopis africana*. Les résultats de cette étude montrent que la biomasse racinaire est plus importante dans les couches supérieures que dans les couches inférieures quelle que soit la *densité*

#### **REMERCIEMENTS**

Nous remercions les techniciens de la station de recherche de Saria, en particulier Meda Modeste et Kabore Koudous pour leur implication dans les mesures de terrain. Nos

#### **RÉFÉRENCES**

Boffa, J.M., 2000. Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest. Cahier FAO Conservation 34. Italie, Rome.

défis auxquels ces projets font face est le manque de données de référence sur les capacités potentielles de stockage de carbonés par les écosystèmes forestiers et agricoles. Cette étude apporte contribue à combler ce gap d'information. Les résultats ont montré qu'après 28 ans de mise en place du dispositif, la *densité des arbres* n'a pas impacter significativement les stocks du carbone organique du sol. Cela implique que les éventuels projets de carbone agroforestiers devront se focaliser sur la biomasse végétale aérienne et souterraine car le carbone organique du sol parait ne pas être influencé à long terme par les différents aménagements. Aussi pour une bonne gestion de ces stocks de carbone, des études complémentaires doivent être menées en vue de comprendre le cycle de renouvellement des racines fines des parcs agroforestiers afin de de mesurer les flux de carbone organique du sol dans les parcs agroforestiers.

*des arbres* dans la parcelle. Les trois types de *densité* (1, 2 et 3) expérimentée ont eu des stocks de biomasse racinaire statistiquement similaires. La *densité des arbres* n'a pas eu un impact significatif sur le stock du carbone organique du sol. Les éventuels projets de carbone agroforestiers devront donc se focaliser sur la biomasse végétale aérienne et souterraine.

remerciements vont également aux reviewers anonymes qui par leurs critiques, ont contribué à l'amélioration de la qualité de ce article.

Das, D.K., Chaturvedi, O.P., 2008. Root biomass and distribution of five agroforestry tree species.

- <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9159-9>. Agrofor. Syst. 74, 223-230.
- <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9159-9>
- Diatta, M., 2015. Etude du potentiel de séquestration du carbone d'espèces agroforestières et de leurs traits fonctionnels en lien avec les systèmes d'utilisation des terres au Senegal. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, Canada.
- Dupraz, C., Liagre, F., 2008. Agroforesterie, des Arbres et des Cultures. France Agricole Editions : Paris.
- Gang, H., Xue-yong, Z., Yu-qiang, L., Jianyuan, C., 2012. Restoration of shrub communities elevates organic carbon in arid soils of northwestern China. Soil Biol. Biochem. 47, 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.12.025>
- GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R. K. et Reisinger, A.
- GIEC, 2003. IPCC Meeting on Current Scientific Understanding of the Processes Affecting Terrestrial Carbon Stocks and Human Influences upon Them.
- Hamon Xavier, Christian Dupraz , Fabien Liagre, 2009. Agroforesterie, outil de séquestration du carbone en Agriculture (Agroforestry, a tool for carbon sequestration in Agriculture). Edité par AGROOF, 18p
- Jobbagy, E.G., Jackson, R.B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecol. Appl. 10, 423-436. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0423:TVDOSO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0423:TVDOSO]2.0.CO;2)
- Koala, J., 2016. Influence de perturbation anthropique sur le stock de carbone dans les écosystèmes de savane en zone soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat Unique, Institut du Developpement Rural, Université Nazi Boni.
- Koala, J., Savadogo, P., Zida, D., Saïd, M.Y., Sawadogo, L., Nacro, B.H., 2015. Cumulative effects of 20 years of fire, grazing and selective tree cutting on soil water infiltration in sudanian savanna-woodland ecosystem of West Africa. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8, 13603-13613. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.6>
- Kooke, G.X., Ali, R.K.F.M., Djossou, J.-M., Imorou, I.T., 2019. Estimation du stock de carbone organique dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth ( Estimation of organic carbon stock in *Acacia auriculiformis* plantations. des forêts classées de Pahou et de Ouèdo au Sud du Bénin. Int. J. Biol. Chim. Sci. 13. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.23>
- Kumar, M.B., Nair, P.K.R., 2011. Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems: Opportunities and Challenges. Advances in Agroforestry. Eds Springer Dordrecht Heidelberg London New York. DOI 10.1007/978-94-007-1630-8.
- Montagnini, F., Nair, V.D., 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. Agrofor. Syst. 61, 281-295. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_20)
- Palm, C., 2000. Carbon séquestration and trace gas émissions in slash-and-burn and alternative landuses in, the humid tropics, Final Report, Alternatives to Slash and Burn (ABS), Climate Change Working Group, Phase II. ICRAF, Nairobi, Kenya.

- Phillips, C.J., Marden, M., Lambie, S.M., Watson, A., Ross, C.W., Fraser, S., 2012. Observations of below-ground characteristics of young redwood trees (*Sequoia sempervirens*) from two sites in New Zealand - implications for erosion control. DOI: 10.1007/s11104-012-1286-4. Plant Soil 363. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1286-4>
- Ping, X., Zhou, G., Zhuang, Q., Wang, Y., Zuo, W., Shi, G., Lin, X., 2010. Effects of sample size and position from monolith and core methods on the estimation of total root biomass in a temperate grassland ecosystem in Inner Mongolia. *Geoderma* 155, 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.12.009>
- Saïdou, A., Dossa, A.F.E., Gnanglè, P.C., Balogoun, I., Aho, N., 2012. Evaluation du stock de carbone dans les systèmes agroforestiers à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) et à néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) en zone Soudanienne du Bénin (Assessment of the carbon stock shea (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.) agroforestry systems and néré (*Parkia biglobosa* Jacq. G. Don) in the Sudanese zone of Benin). *Bull. la Rech. Agron. du Bénin* Novembre 2, 1-9.
- Santoro, A., Venturi, M., Bertani, R., Agnoletti, M., 2020. A Review of the Role of Forests and Agroforestry Systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) Programme. *Forests* 11, 860. <https://doi.org/10.3390/f11080860>
- Sati, Z.D., 2019. Stocks de carbone dans les parcs agroforestiers : evaluation de la biomasse d'un parc a *Prosopis africana* (guill. & perr.) Taub (Carbon stocks in agroforestry parklands: evaluation of the biomass in *Prosopis africana* parkland). *Memoire de fin d'étude, Cycle Contrôleur. Ecole Nationale des Eaux & Forêts (ENEF)*.
- Takimoto, A., Nair, P.R., Nair, V., 2008. Carbon stock and sequestration potential of traditional and improved agroforestry systems in the West African Sahel. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125, 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.12.010>
- Taylor, P., Buczko, U., Kuchenbuch, R.O., 2013. Spatial Distribution Assessment of Maize Roots by 3D Monolith Sampling. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 44, 2127-2151. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.799682>
- Volkoff, B., Faure, P., Dubroeuq, D., Viennot, M., 1999. Estimation des stocks de carbone des sols du Bénin (Estimation of carbon stocks in Benin's soils). *Etude Gest. des sols* 6, 115-130.
- Zuur, A., Leno, E., Walker, N., Saveliev, A., Smith, G. (2009) *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>