

## Séquestration du carbone par le peuplement d'*Acacia auriculiformis* du site agroforestier de Ntsio en milieu périurbain de Kinshasa, RD Congo

Jeanpie KISONGA MAZAKALEKI<sup>1\*</sup>, Bonaventure LELE NYAMI<sup>2</sup> et Michel MBUMBA BANDI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Loyola du Congo, Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, Département de l'Agroforesterie, BP 3724 Kinshasa, RDC

<sup>2</sup> Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Gestion des Ressources Naturelles, BP 117 Kinshasa XI, RDC

<sup>3</sup> Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques (ISEA) de Zomfi, Territoire de Madimba, Province du Kongo central, RDC

(Reçu le 25 Août 2023 ; Accepté le 17 Octobre 2023)

\* Correspondance, courriel : [jeanpiekisonga9@gmail.com](mailto:jeanpiekisonga9@gmail.com)

### Résumé

Les arbres hors-forêts constituent l'une des solutions idoines d'adaptation aux changements climatiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer, à l'aide des équations allométriques et de la cartographie de la biomasse aérienne, le carbone séquestré par le système agroforestier implanté à Ntsio dans le milieu périurbain de Kinshasa en République Démocratique du Congo. La méthode expérimentale, appuyée par les recherches documentaires et la collecte des données sur le terrain, a été utilisée dans cette recherche. La recherche documentaire nous a permis de rassembler les informations existantes et les connaissances actuelles sur notre sujet. Quant à la méthode expérimentale, elle a consisté à l'exploration du milieu, l'échantillonnage et la délimitation des placettes à mesurer, les mesures dendrométriques, la cartographie de la biomasse forestière et l'évaluation du carbone séquestré. Les résultats montrent que la biomasse aérienne totale, d'*Acacia auriculiformis*, calculée par les équations allométriques, est de 28,03 T/ha tandis que celle déduite de la cartographie à l'aide de SIG [système d'information géographique] et télédétection varie de 0,00 à 30,31 T/ha. Le CO<sub>2</sub> total séquestré par ces peuplements est de 3035,78 T/ha. Ce qui montre que le système agroforestier à Ntsio est performant dans la séquestration du carbone et un réservoir de carbone. Cette étude contribue au soutien du mécanisme REDD/REDD+ face aux menaces anthropiques sur les forêts.

**Mots-clés :** cartographie, biomasse forestière, stock du carbone, système agroforestier.

### Abstract

**Carbon sequestration by the acacia auriculiformis stand of the ntsio agroforestry site in a peri-urban area of Kinshasa, RD Congo**

Trees outside forests are one of the appropriate solutions for adapting to climate change. The objective of this study is to evaluate, using allometric equations and aerial biomass mapping, the carbon sequestered by the agroforestry system located in Ntsio in the peri-urban area of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo. The experimental method, supported by documentary research and field data collection, was used in

this research. The literature search allowed us to gather existing information and current knowledge on our topic. As for the experimental method, it consisted of the exploration of the environment, the sampling and delimitation of the plots to be measured, dendrometric measurements, cartography and the delineation of plots to be measured, forest biomass mapping and sequestered carbon assessment. The results show that the total aerial biomass of *Acacia auriculiformis*, calculated by the allometric equations, is 28.03 T/ha, while that deduced from the mapping using GIS and remote sensing varies from 0.00 to 30.31 T/ha. The total CO<sub>2</sub> sequestered by these stands is 3035.78 T/ha. This shows that the agroforestry system in Ntsio is efficient in carbon sequestration and a carbon reservoir. This study contributes to the support of the REDD/REDD+ mechanism in the face of anthropogenic threats to forests.

**Keywords :** *mapping, forest biomass (AGB), carbon stock, agroforestry system.*

## 1. Introduction

Quantifier les stocks de biomasse et de carbone contenus dans les forêts tropicales est devenu une priorité internationale dans le cadre de la mise en œuvre du mécanisme REDD+ [1]. À ce sujet, ces dernières décennies la recherche sur le changement climatique a avancé de manière substantielle. Les résultats de ces recherches confirment que les émissions des gaz à effet de serre proviennent des activités anthropiques. Par exemple, l'utilisation de combustibles fossiles est responsable de l'augmentation de la concentration de ces gaz au niveau de l'atmosphère. De plus, 25 à 30 % des gaz à effet de serre relâchés chaque année dans l'atmosphère sont causés par la déforestation. Les arbres étant constitués à 50 % de carbone, ces stocks sont libérés dans l'atmosphère lorsque ces derniers sont abattus ou brûlés [2 - 4]. Plusieurs écrits démontrent que les forêts constituent le 2<sup>ème</sup> plus grand puits de carbone de la planète, après les océans, soit 31 % de la surface de la Terre. Le carbone est stocké dans la biomasse aérienne (3/4 de la biomasse forestière), souterraine, dans le bois mort, dans la litière et dans la matière organique du sol. Les forêts tropicales constituent des réservoirs exceptionnels de carbone et de biodiversité [5, 6]. Le bassin du Congo est ainsi classé comme le second plus grand écosystème forestier tropical après l'Amazonie, avec une superficie de près de 227 millions d'hectares. Relativement conservé, il joue un rôle important dans la régulation du système climatique continental et mondial [3,4]. Les forêts de la République Démocratique du Congo sont estimées à 155 millions d'hectares.

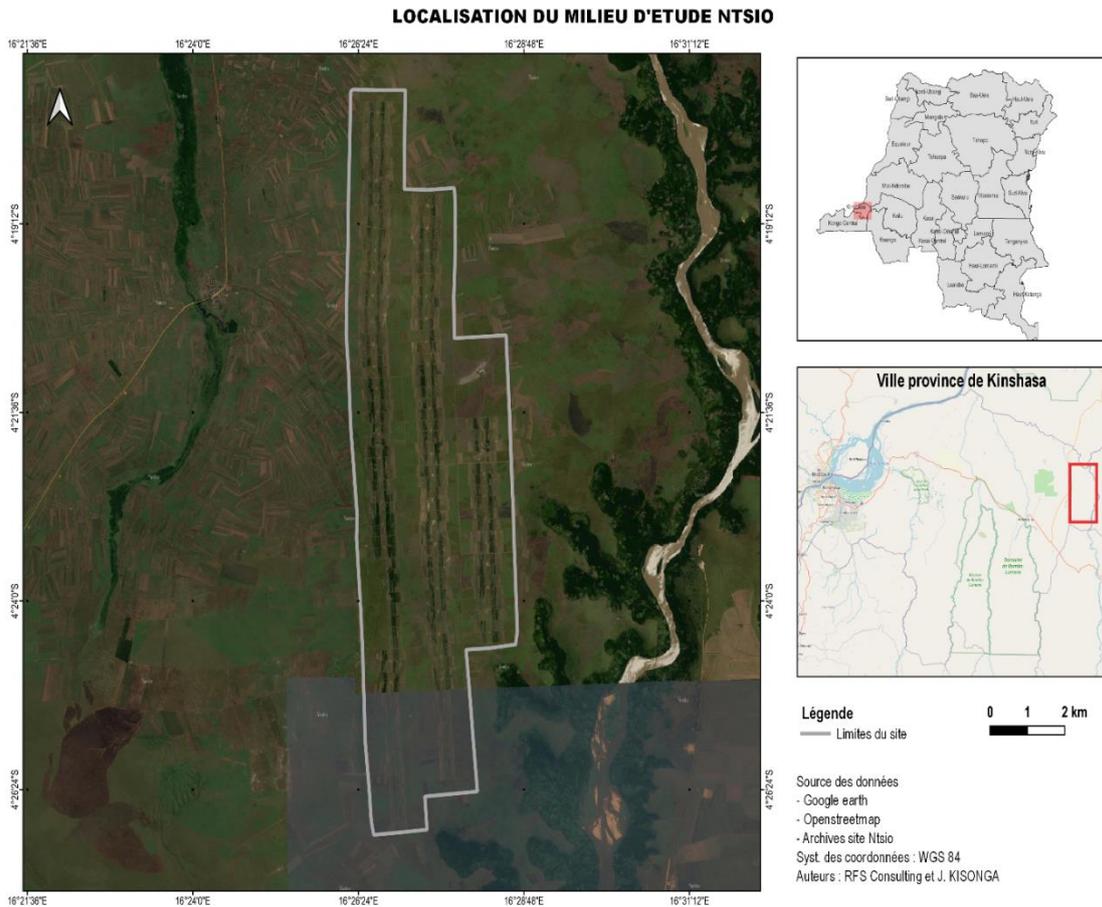
Ces forêts sont également comptées parmi les solutions incontournables pour lutter contre le changement climatique et remplissent des fonctions économiques, environnementales (la séquestration du carbone), sociales et culturelles essentielles aux populations locales et autochtones. Environ 70 % de la population congolaise dépendent des écosystèmes forestiers pour leur approvisionnement en énergie, en matériaux de construction ainsi que pour un grand nombre de produits forestiers non ligneux à vocations diverses [7, 8]. Les études de [9 - 13] utilisant les équations allométriques rapportent que les forêts de la RDC ont un potentiel important dans la séquestration de carbone. La plupart de ces travaux reposent sur les méthodes basées sur les parcelles des inventaires forestiers utilisant des équations allométriques pantropicales. Grâce à ces méthodes, il est possible de combiner les données de la télédétection pour spatialiser les estimations de la biomasse forestière et le stock de carbone afin de produire des cartes à différentes échelles [14]. En RDC, les travaux réalisés portent sur l'estimation de la biomasse et du stock de carbone des arbres sur les systèmes agroforestiers. Cependant peu d'entre elles abordent la cartographie de la biomasse forestière et l'évaluation du carbone séquestré par ces systèmes. Pour estimer la biomasse aérienne, on peut combiner les données de terrain et de la télédétection pour la spatialisation. Une telle démarche peut permettre de détecter la variation de la contribution des écosystèmes forestiers à la séquestration du carbone dans l'espace et dans

le temps au regard de l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre induite par les activités humaines. L'objectif de ce travail est d'évaluer, à l'aide des équations allométriques et la cartographie de la biomasse aérienne, le carbone séquestré par le système agroforestier implanté à Ntsio dans le milieu périurbain de Kinshasa en RDC. Cette étude constitue un outil de compréhension de mécanismes de stockage de carbone et contribue au soutien du mécanisme REDD/REDD+ face aux menaces sur les forêts. Elle présente un intérêt avéré dans divers domaines notamment sur le plan écologique, économique, social et scientifique en fournissant des informations sur l'estimation de la biomasse aérienne et sur le stockage de carbone forestier. Elle constitue une base des données pour les exploitants agroforestiers, les industries du secteur du bois, les gestionnaires forestiers, les aménagistes et les sylviculteurs dont la dépendance environnementale et la gestion durable des forêts constituent des évidences.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Zone d'étude

Situé dans la commune de Maluku, à l'Est de Kinshasa en République Démocratique du Congo, soit à 250 Km du centre-ville, le site agroforestier de Ntsio s'étend sur 5 500 hectares (**Figure 1**). Dans son ensemble, le climat de la région est tropical humide du type  $AW_4$  selon la classification Köppen c'est-à-dire avec une saison sèche de quatre mois sans pluies (Juin à septembre), une saison pluvieuse (Octobre à Avril) ; Mai et Octobre constituent des mois de transition [15]. La pluviométrie annuelle est de 1500 mm par an tombant en 100 jours. La température mensuelle moyenne est de 24 à 25 °C mais les températures journalières minimales en saison sèche peuvent descendre jusqu'à 10 à 12 °C, voire moins [16]. Les sols du plateau de Batéké sont sablonneux, acide et chimiquement pauvre. Ils sont constitués par les sables fins avec une teneur en argile généralement inférieure à 20 % [13]. Sont des arénosols, caractérisés par une faible teneur en matières organiques, en capacité d'échange cationique (CEC) et en capacité de rétention en eau [15]. Les écosystèmes présents sur le plateau des Batéké sont étroitement conditionnés par le relief. Il est observé des paysages alternant entre savanes et galeries forestières dans les vallées ou les pentes raides, qui sont maintenant fortement dégradées par l'agriculture itinérante. Il est compté une très grosse majorité de savanes sur plus de 90 % de la surface du plateau [13]. La savane arbustive reste la formation dominante, caractérisée par *Hymenocardia acida* et de temps en temps parsemée d'arbres comme *Erythrina abyssinica* et *Cussonia angolensis* [17]. Ces milieux subissent des dégradations intenses depuis de nombreuses années suite à l'agriculture itinérante sur brûlis, l'utilisation (coupe) du bois et la pression démographique. La **Figure 1** ci-dessous présente la zone d'étude.



**Figure 1 : Milieu d'étude NTSIO**

## 2-2. Matériel biologique et technique

Le matériel biologique ayant servi d'étude est l'*Acacia auriculiformis*. Le matériel technique a concerné le téléphone portable (Smartphone), le GPS [Garmin 64s/], le compas forestier et/ou le pied à coulisse, le décimètre (50 m), le clinomètre SUNTO [PM-5/150 DE SUNTO], le marqueur indélébile, la machette, l'ordinateur et le programme KobotoolsBox/Kobocollecte.

## 2-3. Méthodes

### 2-3-1. Inventaire Forestier

L'inventaire forestier a consisté à la prospection du milieu, l'échantillonnage et la délimitation des placettes à mesurer, les relevés cartographiques et les mesures dendrométriques de la biomasse aérienne. A partir de ceci, plusieurs autres paramètres ont été déduits. Il s'agit de la surface terrière, le volume, la biomasse aérienne (AGB), la biomasse souterraine (BGB), la quantité de carbone [C] et du dioxyde de carbone [CO<sub>2</sub>] qui ont permis de comparer les peuplements afin d'évaluer chacune de plantation.

### 2-3-2. Analyse des paramètres dendrométriques étudiés

Le diamètre à la hauteur de poitrine (DHP) a été mesuré à 1,30 m du sol ou au-dessus de contrefort) a été mesuré avec le compas forestier pour chaque arbre selon la méthodologie décrite par [16]. Le diamètre moyen arithmétique du peuplement (1) est la somme de tous les diamètres des arbres sur le nombre d'arbres total.

$$\bar{d} = \frac{d1+d2+d3+\dots+dn}{N} \tag{1}$$

où,

$\bar{d}$  : Diamètre moyen  $d$  : diamètre  $N$  : nombre d'arbres total.

La hauteur d'un arbre est la longueur du segment de droit qui joint le pied de l'arbre à son bourgeon terminal. La hauteur d'un arbre est estimée à l'aide d'instruments basés sur le principe géométrique telle la croix du bucheron ou bien sur le principe trigonométrique. Dans le cadre de cette étude, le clinomètre SUNTO a été utilisé pour estimer la hauteur de l'arbre avec une perche de 7m de haut. La hauteur moyenne (2) est la moyenne arithmétique de tous les arbres composant chaque placette d'inventaire.

$$\bar{h} = \frac{h1 + h2 + h3 + \dots + hn}{N} \tag{2}$$

où,  $\bar{h}$  : Hauteur moyenne ;  $N$  : Nombre totale des arbres des placettes ;  $h$  : La hauteur.

La surface terrière individuelle (3) est notée  $g$ . En considérant les arbres en forme cylindriques et  $C$  leur circonférence [18], la **Formule** suivante est utilisée :

$$g = c^2 / 4\pi \tag{3}$$

où, le diamètre  $g = \frac{\pi D^2}{4}$

La surface terrière (en  $m^2$  ou  $m^2/ha.$ ) totale  $G$  est la somme des surfaces terrières individuelles par unité de surface [18] :  $G \text{ totale} = \sum g_{1,30}$ . Les vitesses de croissance du jeune âge à l'âge d'inventaire en diamètre ou en hauteur (4), ont été obtenues par le rapport du diamètre à 1,30 mètre ou de la hauteur totale sur l'âge des arbres selon la **Formule** :

$$\text{Vitesse de croissance} = \frac{\text{Diametre à 1,30m ou de hauteur total}}{\text{age (années)}} \tag{4}$$

Un travail de simplification pour une estimation approchée du volume total de l'arbre a été réalisé par [19]. A ce sujet, le volume total est calculé par la formule (5) du volume d'un cylindre (et moyennant établissement préalable d'un abaque de correction en fonction de la hauteur), comme suit :

$$\text{Volume arbres } Vt = G \times H \times 0,5. \tag{5}$$

avec,  $G$  = Surface du tronc à 1,30 m,  $H$  = hauteur totale de l'arbre et  $0,5$  = Facteur de forme [20]. Elle est exprimée en  $m^3/ha.$

### **2-3-3. Calcul de la biomasse et estimation du carbone séquestré**

L'estimation de la biomasse aérienne et souterraine dans chaque peuplement d'*Acacia auriculiformis* des arbres s'est faite à partir des équations allométriques standards du GIEC (groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat) sur l'*Acacia auriculiformis*. Le choix de cette équation allométrique fut guidé par leur précision et par la disponibilité des variables d'entrées des équations allométriques en intégrant les paramètres dendrométriques issues de l'inventaire forestier. Mathématiquement, cette équation est donnée par les expressions suivantes (6), (7) et (8):

$$AGB\ tronc = 4,16 \times 10^4 \times (DBH \times \pi)^{\beta} + 11,22 \quad (6)$$

$$AGB\ feuille = 2,02 \times 10^5 \times (DBH \times \pi)^{\beta} + 2,36 \quad (7)$$

$$BGB = 0,132\ AGB \quad (8)$$

Cette **Équation** estime les stocks aériens et souterrains en intégrant un facteur de conversion des racines (BGB = 0,159 x AGB). Selon [21] 1 AGB ou BGB de biomasse forestière équivaut environ à 0,5 tonnes de matière sèche qui contient 45% de carbone. La conversion de la quantité de carbone en CO<sub>2</sub> se fait en multipliant la valeur trouvée par 3,67 qui est le coefficient de transformation de tonne de carbone en tonne de CO<sub>2</sub> équivaut (9) et (10):

$$Quantité\ de\ carbone = BGB \times 0,5 \times 0,45 \quad (9)$$

$$Quantité\ de\ CO_2 = Quantité\ de\ carbone \times 3,67. \quad (10)$$

### 2-3-4. Cartographie de la biomasse forestière et du carbone séquestré

Pour cartographier la biomasse dans le système agroforestier de NTSIO le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a été utilisée comme prédicteur. Le modèle non linéaire puissance a été expérimenté en raison du type de relation naturelle existant entre la biomasse et les valeurs de NDVI. Les données de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ont subi deux types de transformation. La première transformation (type logarithmique) a permis de faire passer les valeurs de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) de l'intervalle [-1 ; 1] à [0 ; 255]. Ainsi, les valeurs négatives ont pu être évitées dans la manipulation et la visualisation des données [22]. La deuxième transformation est celle de Box-Tidwell pour la détermination du paramètre de forme  $\lambda$  selon le modèle suivant (11) :

$$C = \alpha + \beta * NDVI^{\lambda} + \varepsilon \quad (11)$$

où, C : carbone totale ;  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\delta$  : Coefficients des modèles ;  $\varepsilon$  : erreur ; NDVI : Indice de différence normalisé de végétation.

### 2-3-5. Traitement et analyses statistiques

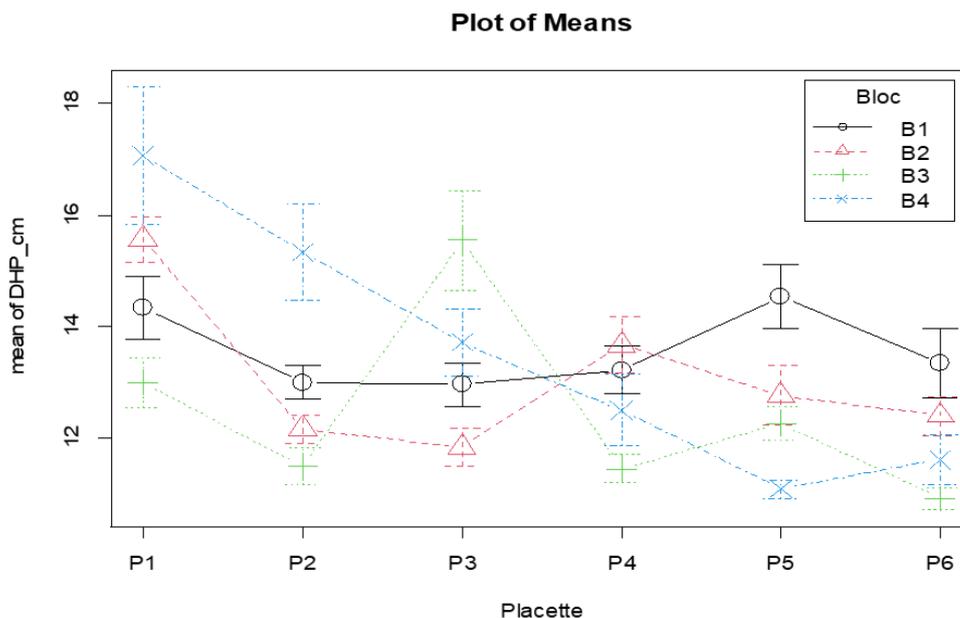
Les données ont été encodées sous Excel et nous avons effectuées les statistiques descriptives, la régression linéaire avec Excel et le logiciel R. R version 4.2.1 (2022-06-23 ucrt) -- "Funny-Looking Kid" Copyright (C) 2022 The R Foundation for Statistical Computing Platform : x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit). Pour la cartographie de la biomasse et d'autres cartes, nous avons utilisé Qgis (Quantum GIS) 3.22 et le langage de programmation R version 4.2.2. Les images sentinel 2A de 2022 ont été utilisées.

## 3. Résultats

### 3-1. Estimation des paramètres des peuplements agroforestiers

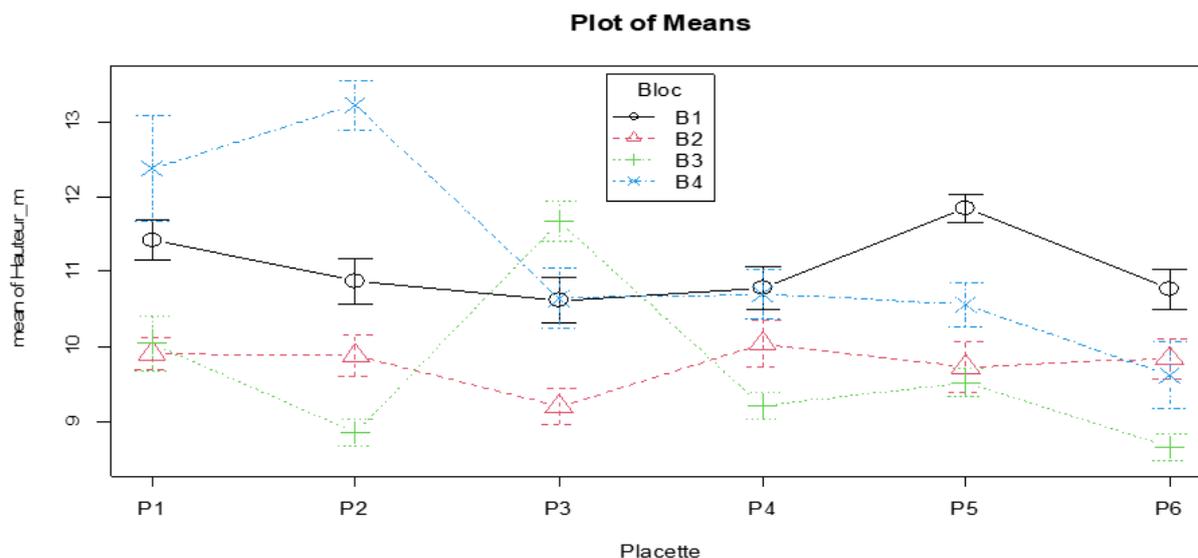
#### 3-1-1. Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des arbres par placettes et par blocs

Il ressort de la **Figure 2** que la valeur moyenne des DHP dans les quatre blocs et six placettes de  $13,05 \pm 2,85$  cm. Cette forte concentration est pour tous les blocs et placettes. Les classes supérieures sont observées dans les blocs 1 et 4 avec un DHP allant de 15 à plus de 18 cm.



**Figure 2 :** Répartition des DHP selon les placettes et les blocs

**3-1-2. Hauteurs (H) des arbres par placettes et blocs**



**Figure 3 :** Répartition d'*Acacia auriculiformis* par hauteur par placettes et par blocs

La répartition des hauteurs par placette selon qu'ils sont dans les blocs 1, 2, 3 et 4 (**Figure 5**). La hauteur minimum est de 6,5 m et le maximum est de 14,5 m. la hauteur supérieure est observée dans le bloc 4 placette 2 qui est de 15 m tandis que la hauteur inférieure est remarquable dans le bloc 3 placette 6 qui est de 6,5 m.

**3-2. Évaluation de la quantité de carbone séquestré par les peuplements d'*Acacia auriculiformis***

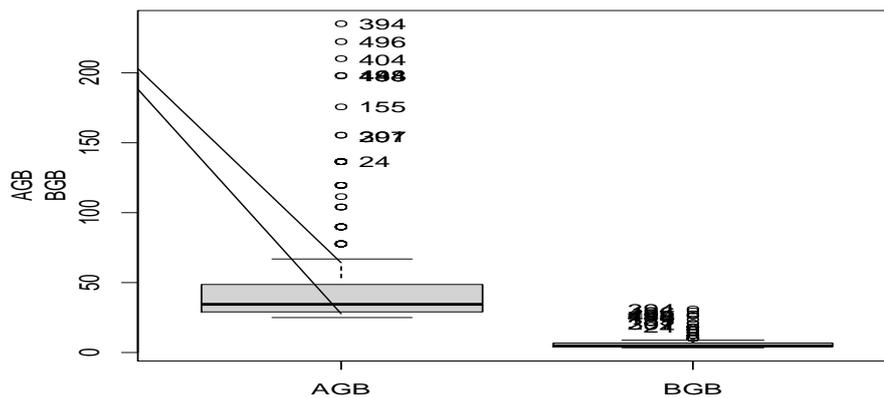
Ce **Tableau 1** renseigne que la biomasse aérienne totale des peuplements d'*Acacia auriculiformis* sur les 4 blocs expérimentaux est de 28,03 T/ha avec une moyenne de  $7,01 \pm 1,42$  T/ha. Le CO<sub>2</sub> total séquestré par ces peuplements est 3035,78 T/ha avec une moyenne de  $758,945 \pm 155,36$  T/ha.

**Tableau 1 : Biomasse aérienne et stock de carbone séquestré par les peuplements *Acacia auriculiformis* par blocs**

Bloc	Nombre d' <i>A. auriculiformis</i>	Biomasse aérienne (T/ha)	Stock carbone (T/ha)	CO <sub>2</sub> (T/ha)
1	149	7,31	215,5	791,07
2	181	8,87	261,9	961,47
3	151	6,27	185,1	679,27
4	126	5,59	164,5	603,97
Total	607	28,03	827	3035,78
Moyenne	151,75	7,01	206,75	758,945
Ecart-type	22,55	1,42	42,31	155,36

Source : Auteur, expérimentation à Ntsio/Mbakana Kinshasa, Octobre 2022

La **Figure 4** présente le stock de biomasse aérienne (AGB) selon les placettes et blocs. La production supérieure en AGB est observée dans le bloc 4 placette 1 soit de 80 à plus de 100Kg. Et la production inférieure en AGB est dans le bloc 3 placette 6 qui va de 20 à 40 kg.



**Figure 4 : Répartition des AGB par placette et bloc**

La **Figure 5** montre quantité du stock de carbone (en T/ha) par placette et dans leurs blocs respectifs. Le bloc 4 placette 1 séquestre 2,5 à 3,0 tonnes de carbone qui montre une différence avec les autres placettes et blocs qui leurs productions vont de 1,0 à 2,3 tonnes de carbone.

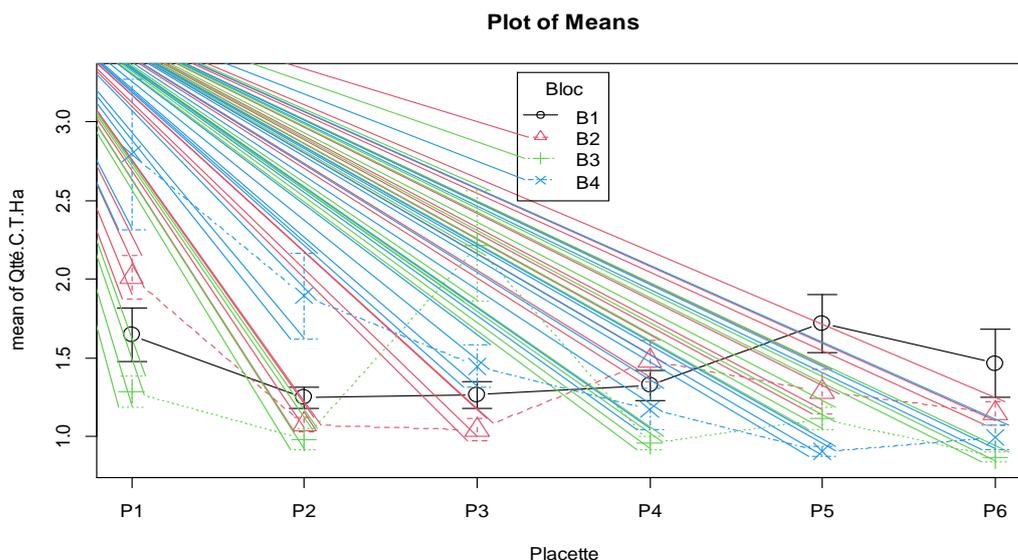


Figure 5 : Répartition du stock de carbone par placette et bloc

La **Figure 6** montre qu'il existe un lien exponentiel entre la biomasse aérienne (AGB) et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) dont l'équation de la droite et le niveau de liaison sont sur figure. Lorsque le DHP augmente la quantité de l'AGB augmente, donc la corrélation est positive presque 1.

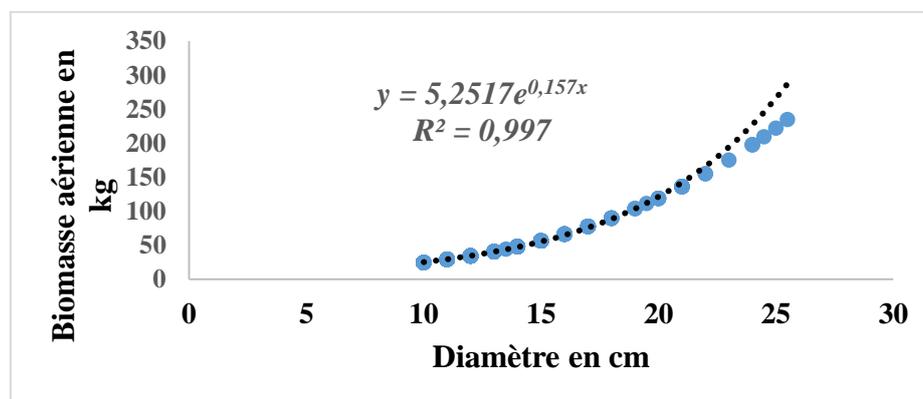


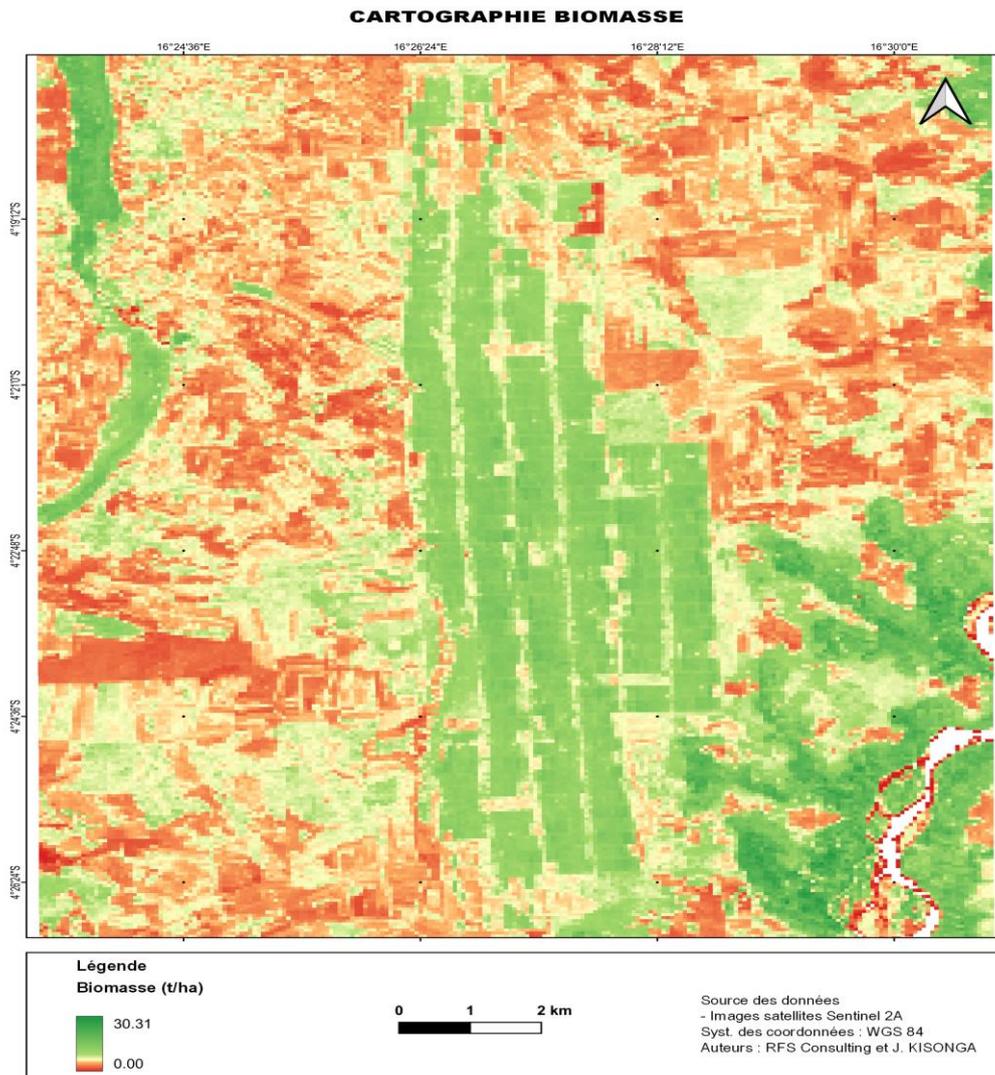
Figure 6 : Relation AGB et DHP globale (Bloc 1- Bloc 4)

### 3-3. Cartographie de la biomasse aérienne en tonne par hectare

Pour la spatialisaton de la biomasse du système agroforestier Ntsio a été faite en utilisant comme fonction un modèle de régression à partir de NDVI (**Figure 7**). Le modèle obtenu est de la forme :

$$B = -263,50 + 0,0153 * NDVI^2 \tag{12}$$

La **Figure 7** montre que la valeur de biomasse varie de 0,00 à 30,31 T/ha. Tandis que le stock de biomasse calculé avec les équations allométriques donne une quantité de 28,03 T/ha (**Tableau 2**) qui se situe dans la fourchette de la cartographie de la biomasse. Les valeurs nulles de biomasse sont observées au niveau des sols nus.



**Figure 7 : Cartographie de la biomasse**

#### 4. Discussion

La répartition des arbres en classe de DHP pour tous les quatre blocs présente une forte concentration des arbres dans le bloc 4 placette 1 avec un DHP qui va de 16 à plus de 18 cm suivi du bloc 1 et 2 qui vont de 13 à 15 cm de DHP. Ceci se justifie par une faible densité dans les peuplements de ces blocs. Ce qui veut dire que la croissance en diamètre des arbres d'une parcelle s'accélère lorsque la densité diminue. C'est pourquoi, la croissance en hauteur est d'abord plus ou moins rapide chez les jeunes arbres et se ralentit à une certaine période au profit de la croissance en diamètre lorsque la densité diminue [12, 13]. Le résultat de hauteur moyenne des arbres obtenu dans le cadre de cette étude, nous révèle que les peuplements d'*Acacia auriculiformis* repartis en 4 blocs présentent une valeur minimum de 6,5 m et le maximum de 14,5 m. En effet, les études au sein du système agroforestier (SAF), ont montré une valeur de 6,5 à plus de 10 m de hauteur ce qui corrobore à nos résultats [13, 23]. La surface terrière (G) des peuplements augmente en fonction de DHP et selon qu'ils sont dans les blocs ou placettes. La G du peuplement du bloc 4 placette 1 domine avec 0,025 m<sup>2</sup>/ha. Ceci prouve la richesse de ce peuplement du bloc 4 placettes 1 [16]. Par le modèle d'équation allométrique du GIEC, nous avons évalué la quantité de carbone que pourrait séquestrer chaque bloc selon les placettes. Le peuplement du bloc 1 a séquestré plus de 215,5 T/ha, le bloc 2 présente une séquestration

de plus de 261,9 T/ha, le bloc 3 à son tour montre une séquestration de plus de 185,1 T/ha et le bloc 4 a séquestré plus de 164,5 T/ha (**Tableau 1**). Ces résultats sont inférieurs à ceux calculés dans les peuplements agroforestiers de NTSIO qui est de 166,0 T/ha [23]. La relation entre la biomasse et le DHP est significative soit  $R^2 = 0,9965$  à peu près 1. Cela renseigne que la corrélation est forte, donc l'Augmentin de la biomasse est étroitement liée au diamètre à hauteur de poitrine. L'estimation de biomasse aérienne avec la cartographie a été faite et avec comme résultat de 7 à 30 T/ha pour les peuplements d'*Acacia auriculiformis* de SAF de NTSIO. Cela confirme notre hypothèse émise qu'il est possible de cartographier la biomasse aérienne et démontre la performance de SAF de NTSIO dans la séquestration du carbone. A ce sujet [14, 24] ont trouvé les mêmes résultats dans les SAF et les forêts classées du Bénin.

## 5. Conclusion

Cette étude a consisté à évaluer le carbone séquestré par le système agroforestier implanté à Ntsio. Elle révèle que la biomasse aérienne totale, des peuplements d'*Acacia auriculiformis*, calculée par les équations allométriques, est de 28,03 T/ha tandis que celle déduite de la cartographie à l'aide de SIG et télédétection varie de 0,00 à 30,31 T/ha. Le CO<sub>2</sub> total séquestré par ces peuplements est de 3035,78 T/ha. Ce qui montre que le système agroforestier à Ntsio est performant dans la séquestration du carbone. Dans les conditions de cette zone d'étude, les *A. auriculiformis*, constituent non seulement un puissant puits de carbone mais permettent aussi un potentiel en tant que jachère boisée. A une échelle globale, régionale et nationale, par son impact sur l'environnement, ces espèces permettent d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre. Il fournit également du charbon de bois à une grande partie de Kinshasa, capitale de la RDC, tout en diminuant la pression humaine exercée sur les forêts naturelles. Ceci contribuerait à la lutte contre le changement climatique, l'un des objectifs du protocole de Kyoto ratifié par la RDC et débattu à la COP 27 tenue du 06 au 18 novembre 2022, à Sharm El-Sheik en Egypte.

## Références

- [1] - T. I. TAWÉ & A. A. NDAH, An assessment of participatory management of forest resources by communities neighbouring the Mount Cameroon Forest Reserve. *NGABAN-DIBOLEL-Revue africaine de responsabilité sociale et management durable/African Journal of Social Responsibility and Sustainable Management*, 1 (1) (2019) 113 - 157
- [2] - L. F. TEMGOUA, W. DONGMO, V. NGUIMDO & C. NGUENA, Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun : Cas de la Forêt d'Enseignement et de Recherche de l'Université de Dschang. *Journal of Applied Biosciences*, 122 (2018) 12274 - 12286
- [3] - FAO, Résumé de La Situation des forêts du monde 2022. Des solutions forestières pour une relance verte et des économies inclusives, résilientes et durables. Rome, FAO. <https://doi.org>, (2022), le 15/04/2022
- [4] - PANZOU, J. LOUBOTA, J. DOUCET, J. LOUMETO, A. BIWOLE, S. BAUWENS, A. FAYOLLE, Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 20 (4) (2016) 508 - 522
- [5] - C. ABDOULAYE, V. BI TRA AIMÉ, A. YVES, D. KOUAMÉ, J. KOFFI, K. KPANGUI, J. BÉNÉ, *Relations entre la diversité et la biomasse aérienne des espèces arborescentes dans les agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers : cas de la localité de LAKOTA (côte d'ivoire)*. *African Crop Science Journal*, Vol. 23, N° 4 (2015) 311 - 326 p.

- [6] - B. NEEMA, Analyse de la sensibilité des estimations de la biomasse forestière vis-à-vis de la hauteur et des valeurs de masses volumiques. Cas de la forêt communautaire de BUSHEMA. Université de Liège/ Faculté des Sciences/ spécialisation en sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement. <http://hdl.handle.net>, (2019) 62 p.
- [7] - K. KAMBALE, M. FEZA, M. TSONGO, A. ASIMONYIO, S. MAPETA, H. NSHIMBA, Z. GBOLO, T. MPIANA, K. NGBOLUA, The wood-energy die and degradation of the forest ecosystems in peri-urban area : Stakes and incidence on the Mbiye island residents at Kisangani city (Democratic Republic of the Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 21, N° 1 (2016) 51 - 60 p.
- [8] - O. WENDSOM, A. GOMGNIMBOU, S. SAÏDOU, D. ILBOUDO, A. TOGUYENI, Quantification de la Biomasse et stockage du carbone du massif forestier de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de Dindéresso province du Houet au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (7) (2019) 3276 - 3288
- [9] - K. H. THAMAGA, T. DUBE & C. SHOKO, Advances in satellite remote sensing of the wetland ecosystems in Sub-Saharan Africa. *Geocarto International*, 37 (20) (2022) 5891 - 5913
- [10] - S. NDIYO, Essai d'estimation de biomasse et du stock de carbone aérien par télédétection dans la forêt dense humide de la province de Mai-Ndombe. Inédit. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Kinshasa, (2016) 34 p.
- [11] - A. FAYOLLE, A. NGOMANDA, M. MBASI, N. BARBIER, Y. BOCKO, F. BOYEMBA & V. P. MEDJIBE, A regional allometry for the Congo basin forests based on the largest ever destructive sampling. *Forest Ecology and Management*, 430 (2018) 228 - 240
- [12] - A. N. DJOMO, N. PICARD, A. FAYOLLE, M. HENRY, A. NGOMANDA, P. PLOTON & P. LEJEUNE, Tree allometry for estimation of carbon stocks in African tropical forests. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 89 (4) (2016) 446 - 455
- [13] - P. PROCES, E. DUBIEZ, F. BISIAUX, A. PEROCHES & A. FAYOLLE, Production d'Acacia auriculiformis dans le système agroforestier de Mampu, plateau Batéké, République démocratique du Congo, (2017)
- [14] - M. DJAUGA, S. KARIMOU, O. AROUNA, S. ZAKARI, A. MALTINO, T. IMOROU, I. YABI, J. DJEGO, O. THOMAS, C. HOUSSOU, Cartographie forestière et évaluation du carbone séquestré dans la forêt classée de l'Ouémé supérieur au Centre-Bénin. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 15 (6) (2021) 2388 - 2401 p.
- [15] - C. KIFUKIETO, G. COLINET, F. MILAU, M. METENA, Z. KAMENKO, J. ALONI & F. FRANCIS, Impact des termites sur la composition des sols au plateau des Batékés, République Démocratique du Congo. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, (2016) 12
- [16] - BIRINDWA, Evaluation des paramètres dendrométriques et du potentiel de séquestration de carbone des peuplements d'Acacia auriculiformis sur un sol savanicole et sur un sol après carbonisation à Ibi. Mémoire, inédi. UNIKIN/KINSHASA, (2021)
- [17] - S. PELLERIN, L. BAMIÈRE, C. LAUNAY, R. MARTIN, M. SCHIAVO, D. ANGERS & O. RECHAUCHÈRE, Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif de 4 pour 1000 et à quel coût? Synthèse du rapport d'étude, (2019)
- [18] - A. B. BIWOLÉ, D. Y. OUÉDRAOGO, J. L. BETTI, N. PICARD, V. ROSSI, S. DELION & J. L. DOUCET, Dynamique des populations d'azobé, *Lophira alata* Banks ex CF Gaertn., et implications pour sa gestion durable au Cameroun. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 342 (2019) 55 - 68
- [19] - H. C. DAVID, R. O. V. MIRANDA, J. WELKER, L. D. FIORENTIN, Â. A. EBLING & P. H. B. M. D. SILVA, Strategies for stem measurement sampling : A statistical approach of modelling individual tree volume. *Cerne*, 22 (2016) 249 - 260

- [20] - A. MANDAL, A. MAJUMDER, S. S. DHALIWAL, A. S. TOOR, P. K. MANI, R. K. NARESH & T. MITRAN, Impact of agricultural management practices on soil carbon sequestration and its monitoring through simulation models and remote sensing techniques : A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52 (1)(2022) 1 - 49
- [21] - P. FERRERE, How much carbon do Argentine Pampas Pinus radiata plantations store?. *Forest Systems*, 32 (1) (2023) e005-e005
- [22] - A. CHABI, S. LAUTENBACH, V. O. A. OREKAN & N. KYEI-BAFFOUR, Allometric models and aboveground biomass stocks of a West African Sudan Savannah watershed in Benin. *Carbon balance and management*, 11 (1)(2016) 1 - 18
- [23] - MWANANGULU, Etude financière de la séquestration du carbone : cas des projets Mongata et Ntsio à Kinshasa (RD Congo). Inédi ULC/FSAV/Kinshasa, (2019)
- [24] - I. KHAN, A. ZAKARI, V. DAGAR & S. SINGH, World energy trilemma and transformative energy developments as determinants of economic growth amid environmental sustainability. *Energy Economics*, 108 (2022) 105884