

# Etude De La Dynamique De Carbone Organique Du Sol Et De Biomasse Aérienne Des Forêts Monodominantes A *Gilbertiodendron dewevrei* (DE WILD) J. Leonard Dans La Reserve Forestiere De Yoko

SAFI MUGHENI Elvire

Assistante à l'Université Officielle de SEMULIKI (UOS/Beni)

---

## Résumé

Notre investigation était l'étude de la dynamique de carbone organique du sol et de biomasse aérienne des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (de Wild) j. Leonard dans la Reserve Forestière de Yoko. Notre objectif était de comprendre la relation qui existe entre le stock de carbone du sol, la biomasse aérienne, le stock de carbone aérien et les autres paramètres dendrométriques dans des peuplements monodominants à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Les observations ont porté sur les paramètres structuraux dont la surface terrière, la biomasse et stock de carbone aérien et les paramètres du sol dont la densité apparente, la teneur et le stock de carbone organique du sol et trois niveaux de profondeur du sol ont été pris en compte : la profondeur de 0-10cm, de 10-20 et de 20-30cm. Trois peuplements de *G. dewevrei* d'un hectare chacun ont été considérés et subdivisés en quatre parcelles de 50m × 50 m. Des inventaires des tiges de diamètre à la hauteur de poitrine (dhp) ≥ 10 cm ont été réalisés dans ces peuplements. Les résultats suivants ont été obtenus :

-Les peuplements étudiés recèlent 109 tiges de *G. dewevrei* dans l'ensemble avec une moyenne de 36 tiges/ha. La surface terrière moyenne est de 8,38m<sup>2</sup>/ha.

- La biomasse et le stock de carbone aérien obtenu est respectivement en moyenne de 74,95 et 37,44t/ha. Ces valeurs ne sont pas significativement différentes ;

- Le stock de carbone organique du sol a varié de 20,34 à 25,94t/ha. Il est en moyenne de 22,22t/ha, Il ne varie pas significativement entre les peuplements étudiés. En outre, en fonction de la profondeur, ce stock ne sont pas significativement différents ;

-Il n'existe pas de relation entre la biomasse, le stock de carbone aérien et le stock de carbone du sol. Il en est de même du DHP et de la surface terrière.

**Mots clés : *G. dewevrei*, la dynamique de carbone, biomasse aérienne, forêts monodominantes, Yoko**

## Summary

Our investigation was the study of soil organic carbon and aboveground biomass dynamics of monodominant *Gilbertiodendron dewevrei* (de Wild) j. Leonard in the Yoko Forest Reserve. Our objective was to understand the relationship between soil carbon stock, aboveground biomass, aboveground carbon stock and other dendrometric parameters in monodominant *Gilbertiodendron dewevrei* stands.

Observations were made on structural parameters including basal area, aboveground biomass and carbon stock and soil parameters including bulk density, soil organic carbon content and stock. Three soil depths were considered: 0-10cm, 10-20 and 20-30 cm. Three *G. dewevrei* stands of one hectare each were considered and subdivided into four 50m × 50m plots. Inventories of stems with diameter at breast height (dhp) ≥ 10 cm were conducted in these stands. The following results were obtained:

-The surveyed stands contain 109 stems of *G. dewevrei* overall with an average of 36 stems/ha. The average basal area is 8.38 m<sup>2</sup>/ha.

- The average biomass and aerial carbon stock obtained was 74.95 and 37.44 t/ha respectively, and these values were not significantly different;

- The soil organic carbon stock varied from 20.34 to 25.94t/ha. It averaged 22.22t/ha and did not vary significantly between the stands studied. In addition, depending on the depth, this stock is not significantly different;

-There is no relationship between biomass, aerial carbon stock and soil carbon stock. The same is true for DBH and basal area.

**Keywords: *G. dewevrei*, carbon dynamics, aboveground biomass, monodominant forests, Yoko**

---

Date of Submission: 01-04-2022

Date of Acceptance: 10-04-2022

---

## I. Introduction

Les forêts tropicales qui couvrent près de deux milliards d'hectares de la superficie du globe dont 20% se trouvent dans le bassin du Congo offrent potentiellement d'extraordinaires possibilités de contribuer à l'atténuation de changement climatique et à la place des mesures d'adaptation (Ebuy, 2009).

En Afrique, on estime que les forêts denses humides fixent environ 0,63 Mg/ha/an mais la déforestation tropicale mondiale contribue environ à un cinquième du total des émissions annuelles des gaz à effet de serre d'origine anthropique dans l'atmosphère (Houghton, 2005).

Les évaluations du stock mondial de carbone montrent l'importance stratégique de préserver le fonctionnement des puits de carbone : l'accumulation de carbone dans les sols « absorbe » 1/4 de nos émissions de CO<sub>2</sub>. Bien qu'instable, le stockage dans les sols représente un tonnage plus fort que celui de l'atmosphère et de l'ensemble de la végétation réunis. La matière organique est l'élément clé du cycle du carbone dans le sol et toute action visant à stabiliser ou accroître la teneur de la matière organique des sols sera favorable au stockage de carbone avec, de plus, des effets bénéfiques sur la fertilité, la rétention en eau et la préservation de la biodiversité (Alterre, 2008).

La RDC possède environ 145 millions d'hectares de forêts naturelles, soit environ 10% de l'ensemble de forêts tropicales du monde et plus de 47% de celles de l'Afrique. Ces forêts jouent un rôle essentiel dans la régulation globale du climat au niveau de la planète. Elles ont également une importance socio-économique manifeste pour les populations autochtones qui y vivent et en dépendent grandement pour leur survie (Tropenbos, 2012).

Cependant, les populations généralement pauvres vivent dans et autour de forêts sans contrainte de les surexploiter pour subvenir à leurs multiples besoins par l'agriculture sur brûlis, l'exploitation des bois d'énergie, la récolte des produits forestiers non ligneux, etc. (Muanza A., 2012). Faire le bilan des émissions nettes de GES au niveau régional, c'est estimer les « sorties » ou Émissions par grand système et les « entrées » ou stockage dans les milieux naturels ou artificiels (Muanza A., 2012).

Les connaissances sur les mécanismes naturels de stockage de C sont encore insuffisantes. Cependant, les estimations faites par l'INRA indiquent qu'elles ne sont pas négligeables : des pratiques favorables contribueraient à limiter de 1 à 2 % les émissions de GES. En dehors des milieux marins, les milieux agricole et forestier sont les principaux secteurs pouvant stocker naturellement du carbone, dans les végétaux et dans les sols (Alterre, 2008).

La forêt bien gérée contribue plus efficacement au stockage du carbone que les forêts laissées dans leur état naturel. Les plus jeunes arbres, en croissance vigoureuse absorbent plus de CO<sub>2</sub> que les arbres murs qui mourront ensuite par putréfaction, et renverront leur stock de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Cependant, tant que le CO<sub>2</sub> reste stocké dans le bois toute augmentation du volume global du « stock bois » réduira le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (Albert A., 2011).

Il existe plusieurs compartiments naturels où sont stockés le carbone dans la nature, à savoir : la végétation, le sol et l'atmosphère. Plusieurs études se sont focalisées sur l'évaluation de stock de biomasse et carbone aérien des divers peuplements forestiers et très peu d'études se sont intéressées à évaluer le stock de carbone organique du sol. Pour ce faire, la présente recherche s'intéresse aussi bien à l'étude de la dynamique de carbone organique du sol et de biomasse aérienne des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la réserve forestière de Yoko. Ainsi, pour bien mener nos investigations, nous nous sommes posés les questions de savoir :

- Comment varie le stock de carbone organique du sol (COS), de la biomasse et du carbone aérien dans les peuplements à *G. dewevrei*?
- Comment varie le stock du carbone organique du sol en fonction de la profondeur du sol dans les 30 premiers cm ?
- Existe-t-il une relation entre le stock du carbone organique du sol, la biomasse aérienne, le stock de carbone aérien et différents paramètres dendrométriques ?

Pour la réalisation de notre étude nous avons formulé les réponses provisoires suivantes :

- Le stock de carbone organique du sol, de biomasse et de carbone aérien varient faiblement dans les peuplements à *G. dewevrei* en étude ;
- La profondeur du sol n'influence pas le stock de carbone organique du sol dans les 30 premiers centimètres ;
- Il existe une relation entre le stock de carbone organique du sol, la biomasse aérienne, le stock de carbone aérien et les paramètres dendrométriques.

Les objectifs poursuivis par la présente recherche sont les suivants :

- Estimer la biomasse et le carbone aérien ainsi que le stock de carbone organique du sol dans les peuplements monodominants à *G. dewevrei* ;
- Déterminer la dynamique du stock du carbone du sol en fonction de la profondeur du sol sous la canopée de *G. dewevrei* ;

- Ressortir la relation qui peut exister entre le stock de carbone organique du sol, la biomasse aérienne, le stock de carbone aérien et d'autres paramètres dendrométriques tels que la surface terrière et le DHP.

## **CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA BIOMASSE AERIENNE, ET LE CARBONE**

### **1.1. La Biomasse**

La biomasse est généralement définie comme étant « la masse de matière vivante produite par une population, un peuplement, une communauté ou une biocénose, rapportée à l'unité de surface et exprimée en matière sèche » à un moment donné, exprimée en kg/ha (Brown 1997 ; Delpech *et al.* 1985).

La biomasse est la masse de la matière vivante. Cette masse peut être convertie en masse de carbone pur. Il est généralement acquis, d'après la composition chimique du bois, que la masse d'atomes de carbone est la moitié de la biomasse. Cette relation varie légèrement selon les essences de bois ou selon l'environnement. Cette relation est basée sur des données très limitées et devrait être plus étudiée de manière à améliorer la qualité des conversions de biomasses en masses de carbone (Lamlom & Savidge, 2003; Martin & Thomas, 2011).

La biomasse d'un arbre signifie le poids ou la masse de son tissu vivant de la plante et elle est généralement exprimée en unités de tonnes métriques (t). Une biomasse vivante peut être séparée en composantes aériennes (feuilles, branches et tiges) et en sous-sol (racines) (Wayne 2011).

La biomasse épigée est quant à elle la masse de la partie ligneuse (tronc, écorce, branches, brindilles, feuilles, etc.) des arbres, vivants ou morts, des arbustes et des buissons, à l'exclusion de la souche et des racines (Guitet 2007). D'après la FAO (1990), c'est la quantité totale de matière organique aérienne présente dans les arbres exprimée, soit en tonnes par hectare (t/ha) dans le cas d'une densité de la biomasse, soit tout simplement en tonne pour l'estimation totale de la biomasse à un niveau régional ou national.

### **1.2. Différentes méthodes d'estimation de la biomasse**

Selon Chave (2006), deux méthodes d'estimation de la biomasse ont été retenues:

#### **a. Estimation à partir du volume de bois fort sur écorce (calibrage du paramètre de Brown (1997))**

Cette méthode permet une conversion du volume commercial sur écorce classiquement calculé par les forestiers, en biomasse épigée totale des arbres (bois et feuilles). Elle est appliquée aux inventaires forestiers réalisés par classes de diamètre incluant toutes essences et utilisant un diamètre de pré-comptage de 10 cm. Elle se base sur la conversion du volume bois fort inventorié sur écorce (VOB) en biomasse totale (AGB), par application de la densité anhydre du bois (WD ou WSD) et d'un coefficient d'expansion (BEF) représentant le rapport entre biomasse totale et biomasse commerciale. Cette formule peut s'appliquer à d'autres types d'inventaires ayant un diamètre de pré-comptage supérieur (jusqu'à 30 cm) moyennant l'application d'un facteur correctif (VEF : Volume Expansion Factor) permettant d'extrapoler le volume des classes de diamètre manquantes.

On utilise également dans les calculs intermédiaires le terme BV (Biomass of inventoriedvolum en T), correspondant à la biomasse des troncs.

#### **b. Estimation à partir des tables d'inventaires et des modèles allométriques**

On appelle **table d'inventaire**, la matrice classiquement utilisée en foresterie qui présente le résultat de l'inventaire en nombre de tiges par essence et par catégorie de diamètre. Cette méthode, mise au point par Chave *et al.*, (2005), permet de calculer la biomasse totale arbre par arbre à partir d'un modèle allométrique. Ce modèle peut être employé pour des inventaires précis de type « placettes permanentes » mais aussi à partir de données brutes d'inventaires forestiers à la condition de corriger les données par classe de diamètre en faisant des hypothèses sur la distribution diamétrique continue du peuplement. Dans le cas présent, nous cherchons précisément à estimer la biomasse épigée totale d'un arbre (AGB) à partir d'une donnée d'entrée : le diamètre D.

### **1.3. Le carbone**

Le carbone est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur Terre et il est présent dans tous les êtres vivants. Il est également une composante naturelle de l'atmosphère terrestre. Indiqué par le symbole C le carbone se trouve en grande quantité dans les feuilles, les branches, les tiges et les racines des arbres. En plus d'être composé de 50% d'eau, la biomasse d'un arbre vivant contient environ 25% de carbone. Les 25% restants sont constitués de diverses quantités d'autres éléments dont l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et d'autres oligo-éléments (Wayne Walker, 2011). Au cours de ces dernières années on a montré l'importance du carbone organique stocké dans le sol et on s'est attaché à mesurer ses fluctuations sous différents modes d'occupation du sol pour essayer de mieux comprendre leurs effets sur la composition de l'atmosphère et sur les changements de l'environnement global (Post *et al.*, 1982).

Au cours de la conférence de Kyoto en 1997, les États signataires du traité se sont engagés d'une part à réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub> de 5% et d'autre part, à quantifier de manière exhaustive les stocks et les flux de carbone pour accroître leur connaissance sur le bilan de carbone dans tous les écosystèmes. Malheureusement, plus récemment, le sommet mondial de la Haye en 2000 a démontré les insuffisances des études actuelles sur la dynamique du carbone dans les écosystèmes cultivés et naturels.

En regard d'une controverse sur la capacité des forêts tropicales à séquestrer le carbone, les hypothèses émises par certains chercheurs estiment que les forêts matures sont censées montrer un équilibre neutre de fixation du carbone par la photosynthèse et la libération de CO<sub>2</sub> par la respiration (Gédéon 2015) ; Selon d'autres études, les forêts anciennes sont généralement les puits de carbone avec une productivité primaire nette positive (Ciais *et al.* 1995).

#### **1.4. La séquestration de carbone par l'arbre et la forêt**

Les forêts sont des réservoirs importants de carbone, par leur biomasse et nécromasse *via* le sol. Ce puits de carbone est cependant faible dans certaines forêts, et il n'existe que si elles grandissent ou si leur sol s'enrichit durablement en carbone.

Le bois est composé à 50 % de carbone. Pour produire un mètre cube de bois, un arbre transforme une tonne de gaz carbonique (un gaz à effet de serre dont on cherche à limiter la concentration dans l'atmosphère) et participe ainsi à l'atténuation du changement climatique. Le type de forêt a une importance dans la séquestration de carbone. Les forêts tropicales ont d'abord été jugées neutres à l'égard du carbone, mais une étude récente a montré qu'elles étaient globalement aussi des puits de carbone (Chave *et al.*, 2008 cité par Nyembo 2012).

Une méthode plus accessible pour obtenir une estimation de la biomasse d'un arbre, consiste à utiliser la relation entre le diamètre des arbres et leur biomasse. C'est à ce niveau qu'interviennent les équations allométriques. L'allométrie désigne la relation statistique qui existe entre deux caractéristiques de taille des individus d'une même population. Il est donc possible de définir une relation statistique entre certaines grandeurs faciles à mesurer à grande échelle (diamètre, hauteur, densité) et une grandeur difficile à mesurer telle que la biomasse ou le volume. Effectuer des mesures coûteuses et destructrices pourra ainsi être limité à un échantillon d'arbres et aura pour but d'ajuster des paramètres pour l'ensemble des arbres d'une zone donnée (Sola *et al.* 2012).

## **II. Milieu, Matériel Et Methode**

### **2.1. MILIEU**

#### **2.1.1. Situation géographique**

Notre étude s'est déroulée dans la réserve forestière de la Yoko, située à l'Ouest de Kisangani, dans la Collectivité de Bakumu Mangongo, Territoire d'Ubundu, en Province de la Tshopo au Nord-est de la République Démocratique du Congo.

Régie par l'ordonnance-loi n°52/104 du 23 Février 1950 du ministère de l'environnement et tourisme, elle est actuellement gérée par la Coordination Provinciale de l'Environnement et développement durable (Archive du Ministère de l'environnement).

La dite réserve s'étend entre les points kilométriques 21 et 38, sa station se trouve au point kilométrique 32 avec comme coordonnées géographiques 00°29' 10,2" latitude Nord, 25° 28' 90,6" longitude Est et une altitude moyenne de 436 m. Elle prend le nom de la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties dont le bloc Nord avec 3370 hectares et le bloc Sud avec 3605 hectares, soit une superficie globale de 6975 hectares (Amani, 2011).

La ville de Kisangani coiffe la réserve au Nord et la forêt perturbée au Sud, à l'Est par la rivière Biaro qui forme une demi-boucle, à l'Ouest par la voie ferrée et la route reliant Kisangani à la cité d'Ubundu (Lomba et Ndjele, 1998).

### **2.2. MATERIEL**

#### **2.2.1. MATERIEL NON BIOLOGIQUE**

Le matériel non biologique était constitué de tous les instruments utiles pour notre recherche.

#### **2.2.2. MATERIEL BIOLOGIQUE**

Le matériel biologique utilisé dans le cadre de cette recherche est le *G. dewevrei* et le substrat sol.

### **2.3. METHODOLOGIE**

#### **2.3.1. Paramètres dendrométriques**

##### **a. Le Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP)**

Chaque individu de *G. dewevrei* de dimension indiquée (supérieure ou égale à 10 cm) est dégagé de tout encombrement autour de son tronc. A l'aide d'un bâton de 1,30 m, on détermine le niveau de prise de mesure de dhp par un trait de peinture dans le respect des normes de mesure de dhp (WWF et FRM, 2005). Sur ce trait, le dhp est mesuré au mètre ruban à 1,30 m au-dessus du sol et la valeur de cette mesure est notée dans la fiche de comptage. A l'aide de la peinture, chaque individu a été marqué (sur son tronc) avec un numéro unique et ce dernier est noté dans la fiche correspondante.

De ce paramètre, trois autres paramètres à savoir la surface terrière, la biomasse aérienne et le stock de carbone ont été calculées pour les trois peuplements d'étude. Cette comparaison entre les trois peuplements d'études nous permettra de mieux comprendre l'évolution de ces paramètres.

## b. Surface terrière

La surface terrière est la surface occupée par le tronc à hauteur de la poitrine ou à 1,30 cm au-dessus du sol. Elle correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus de *G. dewevrei* et les résultats ont été ramenés à l'hectare (Bondinga P., 2014).

$ST = \pi \times D^2/4$  où ST est la surface terrière d'un individu et D est son diamètre à hauteur de poitrine.

## c. Densité

Elle correspond au nombre d'individus pour une surface donnée. Sa mesure ne présente donc pas de difficulté particulière. Il faut, cependant, se fixer un diamètre minimal de pré comptage (généralement de 10 cm pour les études écologiques sur les parcelles comme c'est le cas pour notre étude). Il faut surtout s'assurer que l'échantillonnage soit suffisant, c'est-à-dire que la surface considérée soit assez grande pour que la densité moyenne soit stabilisée (Pascal, 2003 cité par Bondinga P., 2014).

## d. Biomasse aérienne

Les techniques biométriques (ou allométriques) permettent d'estimer la biomasse des arbres à partir de leur circonférence ou de leur diamètre à **1,30 m**. Il existe en effet des relations allométriques qui relient la circonférence des arbres à leur biomasse aérienne ou totale (notamment établies par Chave et al., en 2005). La circonférence (ou le diamètre) est la seule variable mesurable de l'arbre qui prédit aussi bien la biomasse contenue dans l'arbre (Alangir et Al-Amin, 2008).

### 2.3.3.2. Paramètres du sol

#### 2.3.3.2.1. Prélèvement des échantillons de sol

Pour notre étude, le prélèvement des échantillons s'est déroulé en deux étapes suivantes :

##### ✓ Les échantillons de sol prélevés à l'aide d'une tarière

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une tarière manuelle par tranche de 10 cm jusqu'à 30 cm de profondeur du sol pour évaluer la dynamique de carbone du sol en fonction de la profondeur sur ces trente premiers centimètres du sol. Dans chaque parcelle (unité de sondage) de superficie de 50 m x 50 m (2500 m<sup>2</sup>).

Ces échantillons de sol, pris à trois niveaux de profondeurs et à quatre directions sous la canopée (N, S, E, O) ont permis de doser la teneur en C organique du sol.

Au total, 12 échantillons ont été prélevés par unité de sondage, ce qui correspond à un total de 48 échantillons par peuplements et 144 échantillons pour l'ensemble des trois peuplements étudiés. Tous ces échantillons ont été conditionnés / séchés à l'air libre au laboratoire de pédologie de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables. Ils ont ensuite été broyés et tamisés pour servir ultérieurement au dosage de la teneur en Carbone organique du sol.

#### 2.3.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en se servant du logiciel R version 2.10.0 (R Development Core Team, 2009). Les analyses réalisées sont les suivantes :

##### a. Test de comparaison des moyennes

L'analyse de la variance, qui est un test paramétrique, a été employée pour comparer les moyennes, notamment des surfaces terrières, de biomasse et carbone aérien, de densité apparente du sol, de teneur et stock de carbone organique du sol entre les trois peuplements forestiers en étude. Lorsque l'analyse de la variance s'était avérée significative, le test post-hoc de comparaison multiple de Tukey a été utilisé pour déceler ces différences.

##### b. Signification d'un test

Pour décider de la signification d'un test, nous nous sommes référés à la valeur de la statistique (p-value) fournit par le logiciel R à l'issue de chaque analyse :

- si p-value  $\geq 5\%$  : différence non significative ;

- si p-value  $< 5\%$ ,  $< 1\%$  et  $< 0,1\%$  : respectivement différence significative, très significative et hautement significative (Ibanda N. 2012).

## III. Présentation Des Resultats

A l'issue des inventaires et de mesurage de l'espèce ciblée, nous traitons dans ce chapitre des résultats obtenus. Dans un premier temps, nous abordons les aspects généraux de la densité et surface terrière. Ensuite, nous aborderons l'aspect de la biomasse aérienne et stock de CO<sub>2</sub> au cours duquel nous présentons la dynamique de Carbone aérien et CO<sub>2</sub> par rapport à la profondeur dans les trois peuplements. Enfin, nous résumons la relation existant entre le carbone organique du sol, le carbone aérien et les autres paramètres.

### 3.1. Densité et surface terrière

Les résultats de la densité et de la surface terrière des individus inventoriés sont repris dans les figures 10 et 11 et les tableaux 2 et 3. La figure 11 donne des informations sur la répartition de la surface terrière par classe de diamètre. Au total, 109 arbres ont été mesurés et étiquetés dans l'ensemble des parcelles étudiées (3ha) (figure 10). Ils sont répartis comme suit : 29 individus dans le peuplement 1, 40 dans le peuplement 2 et le peuplement 3. La surface terrière varie de 5,66 (peuplement 3) à 11,93 m<sup>2</sup>/ha (peuplement 2) pour une moyenne

de 8,38 m<sup>2</sup>/ha. Cette différence de surface terrière est significative au regard des résultats de l'analyse de la variance consignés dans le tableau 2 et du test post-hoc de Tukey repris dans le tableau 3 qui indique que le peuplement 2 diffère significativement du peuplement 3 (p-value = 0,04 < 5%).

En considérant les classes de diamètre, la figure 13 montre que les accroissements en surface terrière augmentent sensiblement à partir des classes 10-11, suivies des classes 8-9, puis les classes 3-5-6 ; enfin, viennent les autres classes.

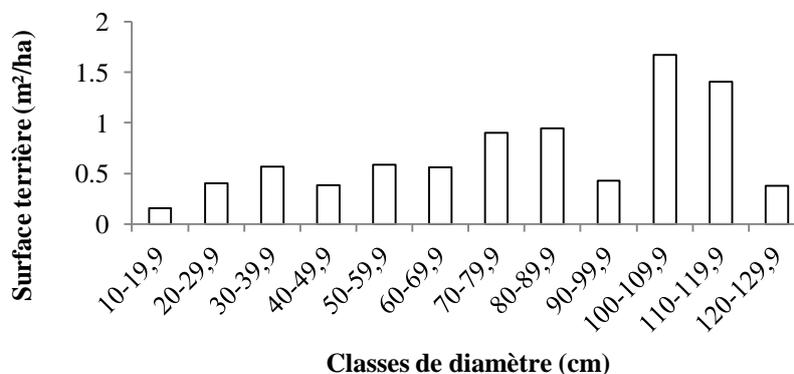


Figure 1: Répartition de surface terrière en classes de diamètre

### 3.2. Structure diamétrique

La figure 13 présente la structure diamétrique de trois peuplements étudiés. D'une manière générale, le nombre d'individus diminue très rapidement avec l'augmentation de classes de diamètre. Ces forêts monodominantes à *G. dewevrei* présentent des distributions diamétriques classiques de forêts tropicales non perturbées, avec une structure en décroissance exponentielle ou *J* inversé. Il se remarque que les trois premières classes représentent plus de la moitié des individus inventoriés dans l'ensemble. En effet, la classe 1 renferme 24 individus, suivie de la classe 2 avec 23 individus et de la classe 3 avec 18 individus ; ce qui représente un effectif total de 65 individus sur 109 (soit 59,63%).

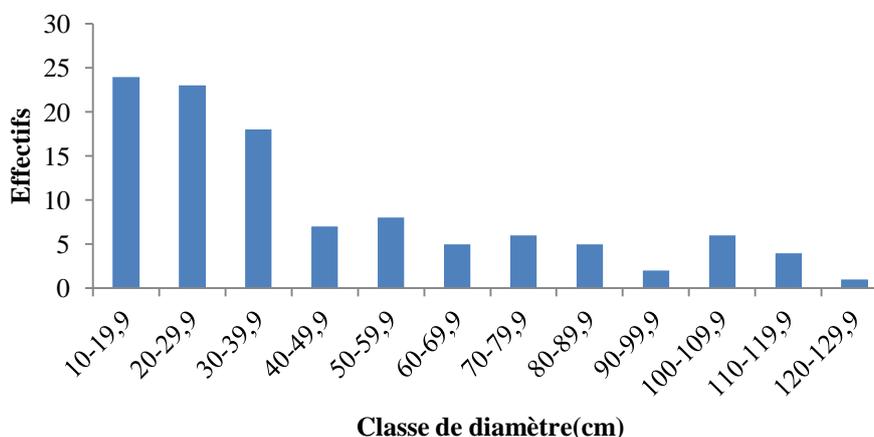


Figure 2 : Structure diamétrique de *G. dewevrei*

### 3.3. Biomasse aérienne et Carbone aérien

Cette section présente les résultats obtenus sur la biomasse aérienne et le stock de carbone aérien.

#### 3.3.1. Stock de carbone et biomasse aérienne

Le tableau 4 reprend les résultats relatifs au stock de carbone et biomasse aérienne des trois peuplements étudiés.

**Tableau 1 :** Stock de carbone aérien et biomasse aérienne des peuplements étudiés

	Biomasse aérienne(t/ha)	Carbone aérien(t/ha)
Peuplement 1	67,71 ± 2,63	33,86 ± 1,32
Peuplement 2	107,31 ± 2,81	53,56 ± 1,49
Peuplement 3	49,83 ± 2,09	24,92 ± 1,05
<b>Moyenne</b>	<b>74,95±1,32</b>	<b>37,44 ± 2,65</b>

Le tableau 1 ci-dessus montre la variation du stock et de la biomasse sous différents peuplements. Il ressort de cette étude que la biomasse moyenne enregistrée est de 74,95 t/ha variant entre 49,83 t/ha (peuplement 3) et 107,31 t/ha (peuplement 2). Consécutivement, le stock de carbone moyen de chacun des peuplements est la moitié de la biomasse obtenue. La figure 15 présente la distribution des valeurs de biomasse par peuplement. L'analyse de la variance réalisée indique qu'il existe des différences significatives de biomasse entre ces peuplements (tableau 5), notamment entre le peuplement 2 et le peuplement 3 tel que l'indique les résultats du test post-hoc de Tukey (p-value = 0,04) (tableau 6).

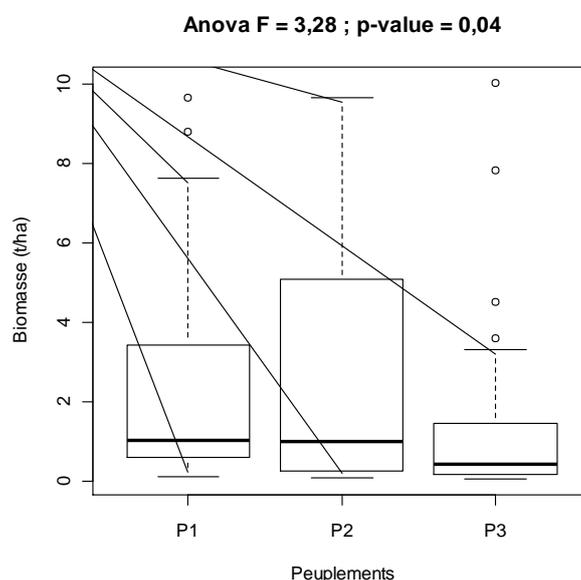


Figure 3. Distribution des valeurs de la biomasse par peuplements.

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des biomasses et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la biomasse moyenne ; la barre basse indique la biomasse minimale et la barre haute la biomasse maximale.

**Tableau 2 :** Résumé de l'Analyse de la variance de comparaison des moyennes de biomasse entre les peuplements

	Degré de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F calculé	p-value
Peuplements	2	44,22	22,10	3,28	0,04
Résiduels	106	714,26	6,73		

**Tableau 3 :** Test post-hoc de Tukey de comparaison multiple des moyennes des biomasses aériennes entre les peuplements

Peuplements	Paramètres du test			p-value
	Diff (moyenne)	Lwr (minimum)	Upr (maximum)	
P2-P1	0,34	-1,15	1,85	0,84
P3-P1	-1,08	-2,59	0,41	0,20
P3-P2	-1,43	-2,81	-0,05	0,03

### 3.3.2 Répartition de la biomasse par classes de diamètre

La figure 15 présente les résultats de la répartition de la biomasse par classe de diamètre.

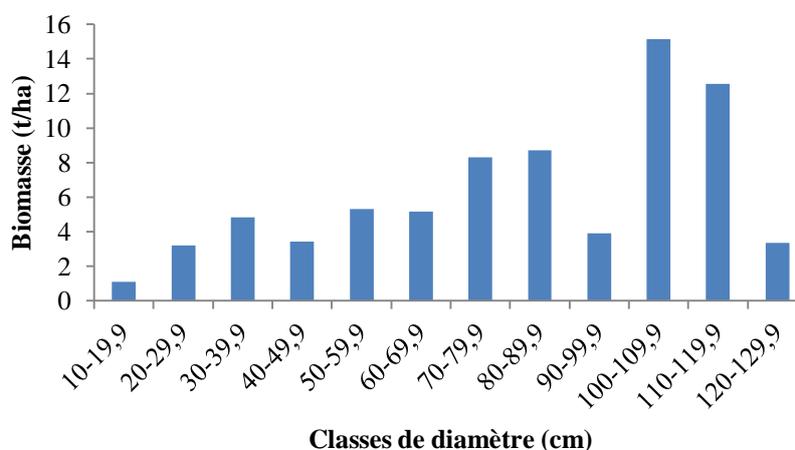


Figure 4. Répartition de la biomasse par classes de diamètre des individus inventoriés

La figure 15 repartie la biomasse par classe de diamètre et montre que les classes 10 et 11 contiennent la biomasse la plus élevée contrairement à la classe 1 où la biomasse est la plus faible. On peut également observer, en se référant à la figure 13 relative à la densité que les classes diamétriques avec les plus d'individus par conséquent de faible diamètre (à l'occurrence les classes 1, 2 et 3) renferment une faible biomasse comparativement aux classes où les individus sont moins nombreux et de gros diamètre.

### 3.3.3. Densité apparente, stock et teneur en Carbone organique du sol

Ce point reprend les résultats en rapport avec la densité apparente, le stock et la teneur en Carbone organique du sol. Il reprend également les résultats des analyses de la variance et des tests post-hoc de Tukey pour comparer les moyennes des paramètres analysés par peuplement.

Tableau 4: Densité apparente, teneur et stock en carbone organique du sol (COS)

	Densité apparente (t/m <sup>3</sup> )	Teneur en COS(g)	Stock de COS (t/ha)
Peuplement 1	0,98 ± 0,11	2,63 ± 2,29	25,94 ± 23,78
Peuplement 2	0,88 ± 0,16	2,32 ± 0,77	20,34 ± 7,66
Peuplement 3	0,81 ± 0,12	2,51 ± 0,97	20,37 ± 9,19
<b>Moyenne</b>	<b>0,89 ± 0,15</b>	<b>2,49 ± 1,50</b>	<b>22,22 ± 15,49</b>

Les résultats consignés dans le tableau 7 montrent les valeurs moyennes de densité apparente, de teneur et de stock de CO<sub>2</sub> qui sont respectivement de 0,89 t/m<sup>3</sup>, 2,49 g et 22,22 t/ha. Le peuplement 1 présente la plus grande moyenne pour ces trois paramètres que les deux derniers peuplements. L'analyse de la variance indique qu'il existe des différences significatives de moyennes de densité apparente entre les peuplements étudiés (tableau 8). Le test post-hoc de Tukey (tableau 9) montre que les densités apparentes moyennes de ces trois peuplements sont significativement différentes. Par contre, les moyennes de teneur en CO<sub>2</sub> et de stock en CO<sub>2</sub> ne montrent pas de différence significative comme l'indique les résultats de l'analyse consignés respectivement dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 5 : Résumé de l'Analyse de la variance de comparaison des moyennes de la densité apparente entre les peuplements

	Degré de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F calculé	p-value
Peuplements	2	0,71	0,35	20,98	1,05e-08 ***
Résiduels	141	2,39	0,01		

Le tableau 8 de l'analyse post-Anova montre qu'il n'y a pas une différence significative entre la teneur en Carbone du sol et les peuplements avec une P-value de 1,05 supérieures à 0,05.

Tableau 6. Test post-hoc de Tukey de comparaison multiple des moyennes des densités apparente entre les peuplements

Peuplements	Paramètres du test			p-value
	Diff (moyenne)	Lwr (minimum)	Upr (maximum)	
P2-P1	- 0,10	- 0,16	- 0,03	0,0007
P3-P1	- 0,17	- 0,23	- 0,10	0,00
P3-P2	- 0,07	- 0,13	- 0,007	0,02

Tableau 7: Résumé de l'Analyse de la variance de comparaison des moyennes de teneur en carbone du sol entre les peuplements

	Degré de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F calculé	p-value
Peuplements	2	2,41	1,20	0,53	0,58
Résiduels	141	317,81	2,25		

Tableau 8 : Résumé de l'Analyse de la variance de comparaison des moyennes de Stock de carbone du sol entre les peuplements

	Degré de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F calculé	p-value
Peuplements	2	997	498,67	2,1105	0,125
Résiduels	141	33316	236,28		

### 3.3.4. Evaluation du stock de COS par rapport à la profondeur

L'évaluation du stock de COS est reprise dans le tableau 11 alors que la figure 16 présente la dispersion des valeurs de stock de COS en fonction de la profondeur.

Tableau 9 : Stock de COS par rapport à la profondeur du sol

Peuplements	Stock de COS (t/ha)		
	Profondeur 10	Profondeur 20	Profondeur 30
Peuplement 1	32,92 ± 34,04	21,25 ± 4,73	23,65 ± 22,58
Peuplement 2	22,65 ± 8,34	18,42 ± 5,82	19,96 ± 8,41
Peuplement 3	22,24 ± 12,55	20,42 ± 6,87	18,46 ± 7,23
<b>Moyenne</b>	<b>25,94 ± 21,26</b>	<b>20,03 ± 5,87</b>	<b>20,69 ± 14,38</b>

Le tableau 11 montre que la profondeur de 10-20 cm du sol, stocke de COS (25,94 t/ha) par rapport à la profondeur de 10-20 cm et de 20-30 cm. Ces moyennes ne sont pas significativement différentes au regard des résultats de l'analyse de la variance dont le résumé est consigné dans le tableau 12.

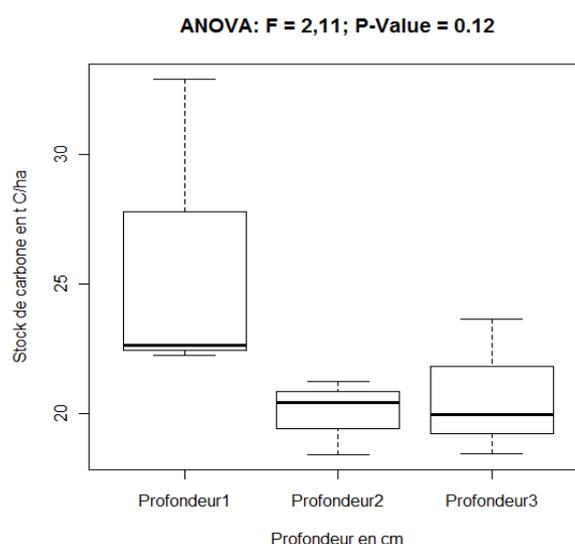


Figure 5 : Analyse de variance de la profondeur de sol

La boîte à moustache montre qu'il y a une forte hétérogénéité en stock de Carbone sur la profondeur allant de 0-10 cm sur les différents peuplements (le max se trouvant dans la profondeur 1, le min dans la profondeur 3 et la médiane dans la profondeur 2. Figure 16. Dispersion des valeurs de biomasse (t/ha) des espèces pour les trois peuplements à *G. dewevrei*.

**Tableau 10 : Résumé de l'Analyse de la variance de comparaison des moyennes de Stock de C par profondeur**

	Degré de liberté	Somme de carrés	Carré moyen	F calculée	P-value
Profondeur facteur	2	1005	502,52	2,12	0,12
Résiduels	141	33308	236,28		

### 3.4. Relation entre les paramètres

Dans ce point, il est question de ressortir la relation qui existe entre la biomasse, le stock de carbone et certains paramètres dendrométriques.

Le tableau 13 et 14, présentent respectivement les coefficients de corrélation et les valeurs de leur probabilité (p-value) indiquant la signification de ces coefficients. Il ressort du tableau 13 que la relation entre la biomasse aérienne, le carbone aérien et le stock ainsi que la teneur en COS est faible, proche de zéro. En outre, le tableau 14 qui reprend les résultats du test de corrélation entre ces paramètres indique que ces relations ne sont statistiquement significatives. Il en est de même de la relation entre le DHP, la ST et les paramètres susmentionnés.

**Tableau 11 : Coefficients de corrélation entre les paramètres**

	Biomasse aérienne	Carbone aérien	Densité apparente	DHP	ST	Stock COS	Teneur COS
Biomasse aérienne	1						
Carbone aérien	1	1					
Densité apparente	-0,18	-0,18	1				
DHP	0,92	0,92	0,1	1			
ST	1	1	-0,19	0,92	1		
Stock COS	-0,03	-0,03	0,45	0,21	-0,03	1	
Teneur COS	0,06	0,06	-0,01	0,2	0,07	0,88	1

**Tableau 12 : Valeurs de probabilité des coefficients de corrélation**

	Biomasse aérienne	Carbone aérien	Densité apparente	DHP	ST	Stock COS	Teneur COS
Biomasse aérienne	-						
Carbone aérien	0	-					
Densité apparente	0,57	0,57	-				
DHP	0	0	0,75	-			
ST	0	0	0,56	0	-		
Stock COS	0,92	0,92	0,14	0,51	0,92	-	
Teneur COS	0,85	0,85	0,99	0,54	0,83	0,0001	-

## IV. Discussion

Au cours de ce travail, nous avons travaillé dans trois peuplements subdivisés en douze parcelles de 50 m × 50 m pour une superficie totale de trois hectares où tous les individus de *G. dewevrei* ont été inventoriés et mesurés. En plus, la densité apparente et la teneur en carbone organique du sol ont été dosées au laboratoire.

### 4.1. Densité et surface terrière

La densité et la surface terrière sont deux attributs structurels qui renseignent sur la couverture de la forêt et son état (Bogaert et Mahamane, 2005 in Imani et al., 2016). La densité obtenue dans le site de Yoko pour notre étude a été de 109 individus pour trois peuplements (trois hectares) dont 29 individus pour le peuplement 1 ; 40 pour les peuplements 2 et 3 avec respectivement pour ces trois peuplements 7,56 ; 11,93 ; 5,66 m<sup>2</sup>/ha. La moyenne de densité et surface terrière des peuplements à *G. dewevrei* est de 36 tiges/ha et une surface terrière moyenne est de 8,38 m<sup>2</sup>/ha.

La comparaison de nos résultats avec ceux trouvés dans les forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* d'ailleurs illustre ce qui suit (tableau 15).

Auteurs	Site	Superficie inventoriée (ha)	Densité (tiges/ha)
Masiala (2009)	Yoko	3	18
Wasingya (2013)	Uma(TF)	3	84
Wasingya (2013)	Uma(SH)	3	98
Sabongo (2015)	Lenda	2	124
Sabongo (2015)	Masako	2	41
Sabongo (2015)	Yoko	2	60
Safi (2016)	Yoko	3	36

Les densités moyennes dans notre site ne sont pas très différentes de celles observées à Uma par Wasingya, (2013) et par d'autres chercheurs tels que ; Masiala (2009) et Sabongo (2015). Lorsqu'on considère les inventaires de toutes les tiges, dans les forêts tropicales, les densités des arbres d'au moins 10 cm de dhp varient entre 300 et 700 arbres/ha (Richards, 1996 in Masiala, 2009). Cette moyenne correspond à plus environ 400 arbres/ha pour les arbres compris entre 10 cm et 30 cm et environ 100 arbres pour les arbres d'au moins 30 cm de dhp (Senterre, 2005).

Les valeurs obtenues dans ce travail et dans les travaux de nos prédécesseurs ne présentent pas de différence significative même si la méthodologie n'a pas été la même. La faible densité dans les forêts à *G.dewevrei* est essentiellement due à la forme imposante des individus de cette espèce atteignant de gros diamètres, et aussi à sa large couronne qui ne permet pas aux autres espèces de s'installer et émerger, et enfin, aux petites classes de diamètres qui confirment les résultats obtenus à Uma et à Yoko (Masiala, 2009, Wasingya, 2013 et Sabongo, 2015).

Les surfaces terrières obtenues par notre étude étaient de 5,66 à 11,93 m<sup>2</sup>/ha, avec une moyenne de 8,38 m<sup>2</sup>/ha dans les peuplements modominants à *Gilbertiodendron dewevrei*. Les résultats de surface terrière des individus de *G. dewevrei* obtenus par Sabongo varient entre 22,5 m<sup>2</sup>/ha (Yoko) à 32,30 m<sup>2</sup>/ha (Lenda). En rapport avec les classes diamétriques, on remarque que, ce n'est pas forcément la forêt qui a plus d'individus qui peut avoir une grande valeur de la surface terrière. Cela s'explique par le fait que les forêts à forte densité ont souvent les individus à petit diamètre par rapport aux forêts à petite densité où les individus ont de l'espace pour grossir et atteindre de gros diamètres. Dans une forêt à forte densité, la compétition est plus intense que dans une forêt à faible densité. Cette hypothèse est confirmée par Lokombe (2014) qui dit que dans une forêt à forte densité, les arbres sont en grande compétition à la recherche de la lumière, ce qui fait que, les plus forts atteignent la canopée, mais avec une grosseur relativement faible.

## 4.2. Estimation du stockage de carbone dans les peuplements

### 4.2.1. Biomasse totale et carbone aérien

Plusieurs études ayant été menées en forêt tropicale ont tenté à prédire la biomasse des arbres en fonction du diamètre à hauteur de la poitrine et parfois, la hauteur totale des arbres.

Elles ont montré que la biomasse varie selon les types de forêts et dans une même forêt, d'une espèce à l'autre.

Certains auteurs estiment que la biomasse peut être calculée en fonction de diamètre uniquement (la hauteur est facultative) (Kurniatum et al., 2001, Keller et al., 2001 in Kahindo 2009). D'autres ont démontré que la biomasse estimée (Best) équivaut au produit du facteur d'expansion de la biomasse (BEF), de la densité ( $\rho$  en g/cm<sup>3</sup>), du diamètre au carré ( $D^2$  en cm) et la hauteur totale des arbres (H en m) par exemple :  $Best \equiv 0,0694 \times \rho D^2 H$  (Dawkins, 1961),  $Best = 0,0430 (\rho D^2 H)$  0,950 (Later, Ogawa et al., 1965),  $Best \equiv 0,0509 \times \rho D^2 H$  (Chave et al., 2005).

Les valeurs de biomasse et carbone aérien obtenus en tonne par hectare dans cette étude sont de 67,71  $\pm$  2,63; 107,31  $\pm$  2,81 ; 49,83  $\pm$  2,09 et de 33,86  $\pm$  1,32 ; 53,56  $\pm$  1,49 ; 24,92  $\pm$  1,05 dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*. Ces résultats paraissent faibles comparativement aux différentes études menées sur l'évaluation de la biomasse dans la région du Bassin du Congo comme les travaux récents dans la forêt de l'Ituri par Ndamiyehé en 2015 qui trouve 492,54 t/ha dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*. Kearsley (2015) par contre, a trouvé une valeur de biomasse de 162  $\pm$  20 T/ha sur une forêt mature dans la région de Yangambi. Ces différences peuvent être attribuées aux différents facteurs dont notamment ; les techniques d'échantillonnage, la région dans laquelle l'étude a été menée.

Lewis et al., en 2009 a montré que la moyenne de biomasse trouvée dans la partie de la forêt de l'Afrique tropicale de l'Est et celle trouvée dans la partie de l'Afrique tropicale de l'Ouest étaient différentes entre-elles, mais aussi différente par rapport à la partie du Bassin du Congo ; cela en utilisant les mêmes techniques d'évaluation. Il faut aussi noter la différence liée à la forme de la structure diamétrique. Dans notre site d'étude, plus de soixante pourcent des individus étaient incluses dans les classes (1, 2,3), renfermant respectivement 24, 23 et 18 individus ; ce qui représente un effectif total de 65 individus sur 109 (soit 59,63%).

#### 4.2.2. Evaluation du stock de COS

Le stock moyen de COS de notre étude est  $22,22 \pm 15,49$  t/ha. Nasi *et al.*, (2008) ont trouvé une moyenne de stock de carbone organique du sol de 38 t C/ha ; ce qui est proche des résultats obtenus par notre étude.

En moyenne, par rapport à la profondeur, il ressort de notre étude que le stock de COS est plus élevé dans les 10 premiers cm du sol, mais ce stock ne varie pas significativement avec la profondeur du sol dans les 30 premiers cm du sol. Il est admis que la profondeur d'échantillonnage est cruciale pour la détermination des teneurs/stock de COS, car selon le type de sol rencontré, la quantité de carbone stocké en profondeur peut varier considérablement. La teneur en matière organique du sol décroît avec la profondeur, on considère généralement que l'ensemble de la matière organique du sol se trouve dans le premier mètre du sol (Locatelli, 1999) et 68% de la matière organique se trouve dans les 25 premiers centimètres et 91% dans les 50 premiers centimètres.

#### 4.3. Relation entre les paramètres

Il ressort de notre étude que la relation entre la biomasse, le stock de carbone et certains paramètres dendrométriques est quasiment nulle, l'évolution du stock de C du sol ne s'expliquant surement pas avec la progression de la biomasse. Nous constatons que les différentes corrélations sont faibles. On peut donc penser qu'à part la biomasse aérienne, il y a d'autres facteurs qui peuvent influencer le stockage de Carbone dans le sol. Pour Balaguer (2015), le stockage ou non de carbone dans un sol résulte en fait du bilan de deux dynamiques opposées de la matière organique à savoir ; l'humification (qui tend à stocker du carbone) et la minéralisation (qui tend à en déstocker). Ces résultats de stock de COS obtenus peuvent être expliqués par plusieurs facteurs comme l'indique Lagacé (2009), qui explique que les facteurs qui contribuent davantage à l'accumulation de carbone dans les sols sont principalement l'épaisseur de l'humus, la position du site par rapport à la pente et le dépôt.

### V. Conclusion

Dans le bassin du Congo, les forêts monodominantes à *G. dewevrei* occupent une place de choix, elles sont les plus répandues et les plus caractéristiques des forêts monodominantes des forêts tropicales humides sempervirentes africaines. Et de ce fait, elles ont suscité une curiosité assez prononcée parmi les écologistes et chercheurs forestiers. C'est dans ce cadre que plusieurs recherches ont été menées pour comprendre l'écologie et les mécanismes conduisant à l'installation de *G. dewevrei* et aussi à l'exclusion des autres espèces dans ces forêts. Il était nécessaire que l'étude de la dynamique de carbone organique du sol et biomasse aérienne des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la réserve forestière de Yoko (bloc nord) soit menée.

L'objectif général était de comprendre la relation qui existe entre le stock de carbone du sol, la biomasse aérienne, le stock de carbone aérien et les autres paramètres dendrométriques dans des peuplements monodominants à *Gilbertiodendron dewevrei*

Les résultats obtenus indiquent que :

- Un total de 109 tiges de dhp  $\geq 10$ cm ont été inventoriées sur trois hectares soit, une densité moyenne de 36 tiges/ha et une surface terrière moyenne est de 16,76 m<sup>2</sup>/ha.

- La distribution diamétrique dans les trois peuplements est typique des forêts naturelles, une structure en J inversé.

Notre étude est la première à étudier la dynamique de carbone organique du sol et biomasse aérienne des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la réserve forestière de Yoko (bloc nord). Elle n'est pas un produit fini, mais plutôt le cheminement d'une recherche qui devrait s'élargir aussi bien sur le point de constituer les nouveaux réservoirs de carbone pour optimiser la séquestration dudit carbone et étendre nos explorations dans d'autres compartiments où se développent ces forêts. Il est évident que plusieurs paramètres qui devraient être abordés afin d'élucider davantage la potentialité qu'ont ces forêts n'ont pas été étudiés.

Nous suggérons que cette étude soit poursuivie dans les recherches ultérieures notamment ; en prenant en compte plusieurs autres paramètres du sol comme la texture, la topographie d'une part et des analyses du sol à des profondeurs plus élevée afin de mieux cerner la dynamique du COS.

### Références Bibliographiques

- [1]. Albert A. 2011 : Estimation du stockage de carbone et du volume dans les plantations expérimentales de l'INERA/Yangambi cas de *Symphoniaglobulifera* L.f et *Mammea africana*. Mémoire inédit de DES, FSA, 89p
- [2]. Allen, 1974 : Manuel de laboratoire \_LSV v1.0\_09-2007. p?
- [3]. Alterre B. 2008 : Stockage naturel du carbone : état des lieux des connaissances et estimations régionales. Revue, p 20-37
- [4]. Amani D.2011 : Détermination de la biomasse retournant au sol par les retombées aériennes et la litière du sol dans la forêt mixte de la Yoko.
- [5]. Anderson, J. A. R. 1961: The destruction of Shoreaalbidaforest by an unidentified insect. Emp. For. Rev. 40: 19-29.

- [6]. Bonginda K. 2014 : Diversité floristique et biomasse aérienne de la forêt de Yasikia (opale, RD. Congo).
- [7]. Bourgogne A, 2008: Stockage naturel du carbone: état de lieux de connaissance et estimations régionales. Rapport technique, France. Page, 28 p
- [8]. Brown, B., 1997: Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer
- [9]. FAO, 1990. Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales. Principes et concepts. Rome, Italie, Étude forêts, 107, 101p
- [10]. Fonty, E. 2011 : Etude de l'écologie du *Spirotrispilongifolia* DC Baill (Leguminosae –Papilionoideae) Espèce monodominante dans les forêts de Guyane Française. Thèse de doctorat, Université Montpellier II. 208 p.
- [11]. Gédéon D. 2014 : la contribution de quelques essences forestières notamment *Gilbertiodendron dewevrei*, *Julbernardiaseretii*, *Scorodophloeus zenkeri* et *Priorea xyphyllasur* la biomasse et/ou le stock de carbone qui retourne au sol via les retombées aériennes. p7, 8, 9
- [12]. Gérard, P. 1960. Étude de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uélé. Publ INEAC, série scient. 87. 2009 ; p9
- [13]. Guitet S., 2007. Principales définitions utilisées dans le modèle de l'offre mondiale
- [14]. Houghton R (2005) : monodominant *Dicymbecorymbosa* (Caesalpinaceae) in Guyana *New Phytologist* 167:543-556p
- [15]. Kahindo M. 2009 : Elaboration des tarifs de cubage et de biomasse pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch. Et *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC) 13p
- [16]. Kearsley, E. (2015). Carbon storage and functional diversity of tropical rainforest in the Congo Basin. Ph.D. dissertation, Ghent University, Ghent, p. 200
- [17]. Kahindo, M. 2011 : Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et *Laccospermum secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani. 248 p.
- [18]. Kouob, S., 2009. Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun. ULB. Faculté des Sciences, École Inter facultaire de Bio ingénieurs, Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale. 212 p.
- [19]. Lebrun, J. & Gilbert, G. 1954. Une classification écologique des forêts du Congo belge, INEAC., Sér. sci. n° 63. 89 p.
- [20]. **Lomba C, 2007.** contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de YOKO, des, UNIKIS, Faculté des sciences, p 60 ;
- [21]. **Lomba, B.L. & Ndjole, M.B. 1998.** Les plantes purgatives utilisées par les Kumu de la Yoko. Ann. Fac. Sc. Unikis 11. pp. 47 – 57;
- [22]. Lomba, B.L., 2007. Contribution à l'étude de la phytodiversité des ligneux de la réserve forestière de Yoko. Mémoire, D.E.S, UNIKIS, 60p.
- [23]. **M.L. ngongo : guide des sols en RD. CONGO tom1**
- [24]. **Masiala, G., 2009.** Analyse d'une zone de contact de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard avec la forêt semi-caducifoliée dans la réserve de la Yoko nord 47 (RDC). Mémoire inédit de D.E.S. Faculté de sciences, Université de Kisangani. 103p;
- [25]. Mburu, K (2009) contribution à l'étude de la phytodiversité de ligneux et de la structure diamétrique dans la réserve forestière de la Yoko RD. Congo.
- [26]. **Muanza A. 2012 :** Modélisation de l'évolution du bilan carbone d'un système agroforestier et de sa zone tampon dans le village de Bagbasingbe (Kisangani, Province Orientale, R.D. CONGO). 12p.
- [27]. Ndjole, M.B, 1998 : les éléments phytogéographiques, endémiques de la flore vasculaire du Zaïre, thèse inédit ; Fac. de SC. ULB. 528 p.
- [28]. Neotropical tree species. *Ecological Applications* 16, 2356–2367.
- [29]. **Nshimba, SM. 2008.** Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île à Kisangani, RDC, thèse de doctorat ULB, 428 P ;
- [30]. **Nyakabwa, M. 1982.** Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de DoctUnikis, Fac.Sc. Vol. 1,2 & 3. 998 p;
- [31]. **Sabongo , Y. 2015.** Étude comparative de la structure et de la diversité des forêts à Thèse de Doct-Unikis, Fac. Sc. 190p. *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard des régions de Kisangani et de l'Ituri (R.D. Congo) ;
- [32]. **Saint moulin, L. et Kalombo, J. L., 2005.** – Atlas de l'organisation administrative de la République Démocratique du Congo, CEPAS – Kinshasa, 235 p;
- [33]. Senterre, B. 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la Végétation et la Phytogéographie des forêts denses d'Afrique Tropicale. Thèse de doct. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 343 p.
- [34]. Tropenbos, 2012 : Le bois à l'ordre du jour
- [35]. Wasingya, K. 2013. Étude floristique et structurale des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, sur sol hydromorphe et sur terre ferme à Uma (Province Orientale, RD. Congo). DEA (inédit), Fac. Sc., Unikis.
- [36]. Wayne W.; Version 1.0, Juin 2011): Guide de Terrain pour l'Estimation de la Biomasse et le Carbone Forestier

SAFI MUGHENI Elvire. "Etude De La Dynamique De Carbone Organique Du Sol Et De Biomasse Aerienne Des Forets Monodominantes A Gilbertiodendron dewevrei (DE WILD) J. Leonard Dans La Reserve Forestiere De Yoko." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 16(04), (2022): pp 07-19.