

UNIVERSITE DE KISANGANI



B.P. 2012
KISANGANI

FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES
RENOUVELLABLES

Dynamique et règles actuelles d'exploitation de *Celtis
mildbraedii* Engl. dans la parcelle permanente du bloc nord de
la réserve forestière de Yoko
(Ubundu, Province de la Tshopo, R.D.Congo)

Par

Isaac EMELEMEKIA KASINDE



Mémoire

Présenté et défendu en vue de l'obtention du
grade d'ingénieur agronome

Option : Eaux & Forêt

Directeur : Prof. Hippolyte NSHIMBA

SEYA WA MALALE

Encadreur : C.T. Roger KATUSI LOMALISA

ANNEE ACADEMIQUE 2014 – 2015

EPIGRAPHE

*“Le peu que je sache, je veux le faire connaître, afin qu’un autre,
meilleur que je suis, découvre la vérité, et que l’œuvre
qu’il poursuit sanctionne mon erreur.
Je m’en réjouirai pour avoir été, malgré tout,
cause que cette vérité se fasse jour”.*

(Albrecht Dürer)

DEDICACE

A toi le seigneur des seigneurs, l'Auteur de vie et le Garant de notre existence. Toi qui a fait de nous ce que nous sommes et nous a doté des facultés mentales, a pourvu à tout nos besoins et a permis la réalisation de ce travail. Gloire et louange te soient rendues.

A toi Ma mère Dameka Odette qui m'a toujours demandé de mettre les études en première position.

REMERCIEMENTS

C'est la fin qui couronne l'œuvre, dit-on. Au seuil de ce travail, fruit d'énormes sacrifices, qu'il nous soit permis de nous acquitter d'un devoir traditionnel, celui de remercier toute personne qui, de près ou de loin, a assisté à sa réalisation.

Nous tenons à remercier d'une façon particulière le Professeur Hippolyte NSHIMBA SEYA WA MALALE et le Chef de Travaux Roger KATUSI LOMALISA respectivement Directeur et Encadreur de ce travail qui, en dépit de leurs multiples occupations ont voulu nous diriger et encadrer. Leurs mains expertes, leurs disponibilités, leurs savoir-être et surtout leurs rigueurs scientifiques ont été éloquentes pour nous permettre de rédiger consciemment ce travail.

Merci aux corps académiques et scientifiques de la Faculté de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables pour leur assistance à la bonne marche de notre formation.

Nos sincères reconnaissances s'adressent à nos parents Christian KASINDE et Odette DAMEKA pour leurs affections et encouragements tout au long de notre cursus académique.

Notre famille n'a pas cessé de nous encourager et nous assister tant moralement que matériellement. A cela, notre gratitude s'adresse également à nos frères et sœurs, Valérie KASINDE, Petronie KASINDE, Odile KASINDE, Berthe KASINDE, Lucie KASINDE, Esperance KASINDE, Josué TOZAWANE, qu'ils trouvent tous dans ce travail notre attachement le plus affectueux.

Nous adressons toute notre gratitude à nos oncles maternels, Jacques ALINDEPONE et Raphael TABANDITE.

Nos sentiments de gratitude s'adressent à nos compagnons de lutte, amis et connaissances et plus particulièrement Jean-Claude KIYOMBO pour son soutien moral et physiques pour l'aboutissement de ce travail.

Que tous ceux ou celles dont les noms ne sont pas ci-haut énumérés ayant contribué d'une manière ou d'une autre au façonnement de cet œuvre, ne se sentent pas oublier.

Isaac **EMELEMEDIA KASINDE**

RESUME

Etude de la dynamique de *Celtis mildbraedii* dans la parcelle permanente du bloc nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province de la Tshopo, R.D. Congo).

L'objectif général poursuivi dans le cadre de ce travail est de connaître la structure, l'accroissement diamétrique et la quantité de la biomasse produite 6 ans après la première campagne de mensuration effectuée en 2008 ainsi que le taux de reconstitution de l'espèce 25 ans après la première exploitation.

L'inventaire a été faite dans une parcelle permanente de 9 ha située dans le bloc nord du dispositif permanent de Yoko, à l'intérieur de laquelle tous les individus de *Celtis mildbraedii* à dhp \geq 10 cm ont été mesurés à 1,30 m du sol ou au dessus de contreforts matérialisés par deux bandes peintes en rouge durant la première campagne en 2008 et positionnés par les coordonnées x,y et la deuxième campagne faite en 2014, consiste à remesurer les mêmes individus et aux mêmes endroits.

Le bilan démographique montre que le taux de recrutement (1,01%) est supérieur à celui de mortalité (0,52%) ; ce qui conduit à une augmentation du nombre d'individus dans le peuplement, passant de 66 à 68 individus en 6 ans.

Les accroissements diamétriques moyens sont de $0,43 \pm 0,27$ cm/an avec la valeur maximale de 1,77 cm/an et la minimale de 0,02 cm/an.

La surface terrière totale est passée de 1,1165 m²/ha en 2008 à 1,1993 m²/ha en 2014 et la biomasse totale produite est passée de 16,6501 t/ha en 2008 à 18,0077 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,2263 t/ha. La quantité de carbone séquestrée est passée de 8,3251 t/ha en 2008 à 9,0038 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,11315 t/ha.

Après une rotation de 25 ans, l'espèce se reconstitue bien quel que soit le taux de prélèvement utilisé.

Mots clés : Dynamique, reconstitution et évolution du stock de Carbone, *Celtis mildbraedii* parcelle permanente, bloc Nord, Yoko.

ABSTRACT

Study of the dynamics of *Celtis mildbraedii* in the permanent plot north block Yoko Forest Reserve (Ubundu, Orientale Province, DRC).

The general objective pursued in the framework of this work is to know the structure, the diametric increase and the amount of biomass produced six years after the first measurement campaign conducted in 2008 and the recovery rate of the species 25 years after the first operation.

The inventory was done in a permanent plot of 9 ha located in the northern block of the Standing Yoko device, within which all individuals *Celtis mildbraedii* to $\text{dbh} \geq 10$ cm were measured at 1.30 m ground or above buttresses materialized by two bands painted red during the first campaign in 2008 and positioned by the coordinated x, y and made the second campaign in 2014 is to remeasure the same individuals and the same places.

The demographic report shows that the recruitment rate (1.01%) is higher than mortality (0.52%); which leads to an increase in the number of individuals in the population, from 66 to 68 individuals in 6 years.

Means diametric increases are 0.43 ± 0.27 cm / year with the maximum value of 1.77 cm / year and the minimum of 0.02 cm / year.

The total basal area increased from $1.1165 \text{ m}^2 / \text{ha}$ in 2008 to $1.1993 \text{ m}^2 / \text{ha}$ in 2014 and produced total biomass increased from $16.6501 \text{ t} / \text{ha}$ in 2008 to $18.0077 \text{ t} / \text{ha}$ in 2014, representing an annual gain of $0.2263 \text{ t} / \text{ha}$. The amount of carbon sequestered increased from $8.3251 \text{ t} / \text{ha}$ in 2008 to $9.0038 \text{ t} / \text{ha}$ in 2014, representing an annual gain of $0.11315 \text{ t} / \text{ha}$.

After a rotation of 25 years, the species is recovering well regardless of the sampling rate used.

Keywords: Dynamic, reconstruction and development of the stock of carbon, *Celtis mildbraedii* permanent parcel, North block, Yoko

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME	iv
SUMMARY	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
CHAPITRE I. INTRODUCTION	1
1.1. Problématique	1
1.2. Hypothèses.....	2
1.3. Objectifs.....	3
1.3.1. Objectif général	3
1.3.2. Objectifs spécifiques	3
1.4. Intérêt du travail.....	3
1.5. Subdivision du travail	3
1.6. Généralités sur l'espèce <i>Celtis mildbraedii</i> (Tailfer, 1989).....	4
1.6.1. Description botanique	4
1.6.2. Ecologie	4
1.6.3. Répartition en Afrique tropicale	4
1.6.4. Usage.....	4
CHAPITRE II. MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES	5
2.1. Milieu d'étude.....	5
2.1.1. Situation administrative et géographique.....	5
2.1.2. Facteurs Abiotiques.....	6
2.1.2.1. <i>Facteur climatique</i>	6
2.1.2.2. <i>Facteur édaphique</i>	6
2.2. Facteurs biotiques	7

2.2.1. Végétation	7
2.2.2. Activités anthropiques.....	7
2.3. Matériel et méthodes.....	7
2.3.1. Plan du dispositif.....	7
2.3.2. Protocole de prise des données.....	9
2.3.3. Analyse des données	9
2.3.3.1. <i>Le taux de recrutement</i>	9
2.3.3.2. <i>Le taux de mortalité</i>	9
2.3.3.3. <i>Taux de prélèvement</i>	9
2.3.3.4 <i>Accroissement annuel moyen (Δd)</i>	10
2.3.3.5. <i>Surface terrière</i>	10
2.3.3.6. <i>Biomasse aérienne</i>	10
2.3.3.7. <i>Le calcul du Stock de carbone (C)</i>	11
2.3.3.8. <i>Indices de reconstitution</i>	11
2.3.4. Traitements statistiques	12
CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS	13
3.1. Taux de recrutement.....	13
3.2. Taux de mortalité naturelle	13
3.3. Accroissement annuel moyen (AAM)	14
3.4. Structure diamétrique.....	14
3.5. Surface terrière (m ² /ha).....	15
3.6. Evolution de la biomasse et du stock de carbone.....	16
3.7. Biomasse produite et carbone séquestré en fonction des classes de diamètre	17
3.8. Corrélation entre la biomasse, la densité du bois et le diamètre.....	18
3.9. Taux de reconstitution.....	18
CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS	20
4.1. Caractéristique democarphique	20

4.1.1 Taux de recrutement et mortalité	20
4.1.2 Accroissement diamétrique influe sur la surface terrière et la biomasse	21
4.1.3. Probabilité de renouvellement d'effectifs exploitables	22
CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....	23
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	24
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1. La localisation de la réserve forestière de Yoko (Source : Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier « LECAFOR », 2014).....	6
Figure 2.2. Dispositif de 400 ha où la parcelle permanente de 9 ha du bloc nord est en rouge (Source Picard, 2009).....	8
Figure 2.3. Parcelle de 1 ha subdivisé en 100 placettes de 10 m x 10 m.	8
Figure 3.1. Taux de mortalité en fonction des classes de diamètre	153
Figure 3.2. Accroissement annuel moyen en fonction des classes de diamètre.....	14
Figure 3.3. Structure diamétrique des individus de <i>C. mildbraedii</i>	15
Figure 3.4. Dispersion des valeurs des surfaces terrières des individus de <i>C. mildbraedii</i> pour les années 2008 et 2014. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne ; la barre basse indique la surface terrière minimale, la barre haute indique la surface terrière maximale. Le point au-dessus n'est pas pris en compte.	16
Figure 3.5. Biomasse produite en fonction des classes de diamètre	17
Figure 3.6. Carbone séquestré en fonction des classes de diamètre	17
Figure 3.7. Corrélation entre la biomasse, la densité du bois et diamètre.	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1. Le taux de recrutement	13
Tableau 3.2. Le taux de mortalité	13
Tableau 3.3. Accroissement annuel moyen des individus de <i>C. mildbraedii</i>	14
Tableau 3.4 Evolution de la biomasse et séquestration de carbone entre 2008 et 2014	16
Tableau 3.5a. Taux de prélèvement de 50 % (7,5 pieds).....	19
Tableau 3.5b. Taux de prélèvement de 75 % (11,25 pieds).....	19
Tableau 3.5c Taux de prélèvement de 100 % (15 pieds).....	19

CHAPITRE I. INTRODUCTION

1.1. Problématique

Comprendre comment fonctionnent les forêts naturelles constitue une préoccupation essentielle en ingénierie écologique (Chave, 2003). La gestion durable de ces forêts dépend en effet du niveau des connaissances acquises sur leur production.

En forêts naturelles, la recherche de la rentabilité économique constitue une préoccupation essentielle. Ainsi, les sylviculteurs concentrent le plus souvent leurs interventions en vue de stimuler et d'accroître la dynamique des espèces.

Dans un contexte de changements globaux où les forêts tropicales humides sont au cœur de l'attention (rôle dans le cycle du carbone, réservoir de biodiversité...), les stratégies de gestion à long-terme des forêts nécessitent de mieux comprendre les différents processus de la dynamique forestière. La détermination et la caractérisation des processus fondamentaux de la dynamique forestière (mortalité, recrutement, croissance) sont cruciales pour la modélisation et la gestion des peuplements forestiers (Clark and Clark, 1999). En particulier, il est primordial de caractériser et de modéliser la croissance au niveau des arbres et du peuplement.

La complexité des forêts denses humides sempervirentes rend difficile cette caractérisation qui nécessite la collecte de données conséquentes. Dans ce but, de nombreux dispositifs d'étude permanents ont été installés dans des forêts tropicales afin d'assurer un suivi des processus fondamentaux de la dynamique (Beetson et *al.*, 1992, Condit, 1995, Sheil, 1995) et permettent la constitution de bases de données indispensables à l'exploration des processus impliqués dans la dynamique forestière (Peacock et *al.*, 2007, Phillips et *al.*, 2009, Lewis et *al.*, 2009).

En République Démocratique du Congo (RDC), les forêts sont menacées par des exploitations illégales qui ne se soumettent pas au respect des normes d'exploitation à impact réduit (NEIR) qui portent sur l'environnement forestier ainsi que sur les diamètres minimums d'exploitation (DME) fixés par l'administration forestière (Lomba, 2011). Or, la connaissance de la dynamique forestière est nécessaire pour le maintien de la ressource et passe par la compréhension des mécanismes de son renouvellement (Nyembo, 2012).

Les données en matière de la dynamique des populations d'arbres sont moins connues, alors que le pays vient de s'engager sur la voie de la valorisation de ses ressources forestières ; d'où, le plan d'aménagement forestier s'avère très important. La gestion des peuplements en cause exige de pouvoir prédire à long terme le renouvellement et la qualité du stock exploitable. Pour cela, il est nécessaire de mieux cerner les processus écologiques qui déterminent la dynamique de la régénération des espèces (Shaumba, 2009).

L'installation en 2007 du dispositif permanent à Yoko par le programme de Relance de la Recherche Agricole et Forestière en République Démocratique du Congo (REAFOR) s'inscrit dans cette démarche de compréhension des processus des structures, accroissements diamétriques et l'évolution de stock de carbone par les différentes espèces des forêts tropicales hétérogènes (Picard, 2008).

En effet, une estimation de l'accroissement moyen a pour conséquence, une sous-estimation du temps de passage réel, est donc une augmentation exagérée du pourcentage de reconstitution mais aussi une sous-estimation de l'accroissement induirait également une sous-estimation du taux de reconstitution (Isetcha, 2013).

Ceci justifie notre engagement d'entreprendre les investigations sur la dynamique des populations d'arbres, particulièrement sur les individus de *Celtis mildbraedii* dans la réserve forestière de Yoko (bloc nord).

Dans cette étude, nous nous sommes posés des questions suivantes : (i) Est-ce que la surface terrière occupée par les individus de *Celtis mildbraedii* en 2008 est-elle différente de celle occupée par les mêmes individus en 2014 ? (ii) La quantité de la biomasse produite et celle de carbone séquestré à la première mensuration (2008) sont-elles distinctes de celles de la seconde mensuration (2014) ? et enfin, (iii) L'espèce se reconstitue-t-elle bien pendant le temps imparti après la première exploitation ?

1.2. Hypothèses

- La surface terrière occupée par les individus de *Celtis mildbraedii* en 2008 est significativement différente de celle occupée par les mêmes individus en 2014;
- La quantité de la biomasse produite et celle de carbone séquestré à la première mensuration (2008) sont significativement différentes de celles de la seconde mensuration (2014) ;

- D'après l'administration forestière de la RDC fixant le diamètre minimum d'exploitabilité (DME) à 60 cm et le temps de rotation à 25 ans, on suppose que l'espèce se reconstitue bien pendant le temps imparti après la première exploitation.

1.3. Objectifs

1.3.1. Objectif général

L'objectif général poursuivi dans le cadre de ce travail est de connaître la structure, l'accroissement diamétrique et la quantité de la biomasse produite 6 ans après la première campagne de mensuration effectuée en 2008 ainsi que le taux de reconstitution de l'espèce 25 ans après la première exploitation.

1.3.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre cet objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été poursuivis, notamment :

- Evaluer la variation de la surface terrière entre $t_1 - t_2$ dans la parcelle permanente du bloc nord de Yoko ;
- Evaluer la variation de carbone et de la biomasse entre $t_1 - t_2$;
- Taux de reconstitution de l'espèce 25 ans après la première exploitation dans un biotope où cette espèce serait exploitable.

1.4. Intérêt du travail

- Sur le plan scientifique: elle contribue à la connaissance de la structure et l'accroissement diamétrique des nos essences forestières, particulièrement celle de *C. mildbraedii* ;
- Sur le plan pratique : il permet d'avoir une vision ponctuelle sur la production des biomasses et la quantité du carbone séquestré par certaines espèces de nos forêts tropicales.

1.5. Subdivision du travail

Le présent travail est subdivisé en quatre chapitres ; le premier se penche sur l'introduction ; le deuxième chapitre traite le milieu d'étude, matériel et méthodes ; le

troisième chapitre se focalise sur la présentation des principaux résultats et enfin, le quatrième porte sur la discussion des résultats. Une conclusion et quelques suggestions boucleront ce mémoire

1.6. Généralités sur l'espèce *Celtis mildbraedii* (Tailfer, 1989)

Nom botanique : *Celtis mildbraedii* (Syn *Celtis soyauxii*).

Noms vernaculaires : Au Congo : Edou ; Gabon : Nkara ; Nigeria : Iragidi, Ohia Naleghe et RCA : Balze.

1.6.1. Description botanique

Fût : un peu sinueux, avec méplats et parfois des bosses base avec 4-5 contreforts peu épais s'élevant à 3 m et plus, un peu ramifiés. L'arbre est de 30 m de hauteur ;

Ecorce : grise plus ou moins rougeâtre ou verdâtre (1 cm), avec petites dépressions circulaires (diamètre 5-10) provenant de la chute et minces lamelles ; tranche assez tendre, à 3-4 cernes bruns continus sur fond jaune-orange qui fonce immédiatement à l'air.

Bois : blanc jaunâtre jaunissant rapidement à l'air avec un aubier non différencié

Feuilles : alternes, simples terminées en pointe, à bord du limbe souvent roulé, à marge soit entière, soit munie de larges dents dans la partie supérieure, coriace et souvent très coriace à nervure médiane en gouttière dessus, proéminente dessous, une paire de nervures basilaires ascendantes ; surface du limbe presque toujours piquetée de grosses galles.

Fruits : drupes rouges à maturité, à 4 carènes marquées sur toute la hauteur, à 1 noyau de 4-6 arêtes.

Graines : 1 par noyau

Propriétés : mi-dur ; moyennement nerveux ; plutôt raide ; peu résistant au choc.

1.6.2. Ecologie

L'espèce est trouvée essentiellement en forêt semi-caducifoliée, mais absente ou rare dans l'Ouest ; souvent localement abondant ; pénètre aussi dans la zone forestière centrale méridionale.

1.6.3. Répartition en Afrique tropicale

De la Côte d'Ivoire à l'Afrique australe et à l'Afrique orientale.

1.6.4. Usage

L'espèce est utilisée dans le placage et en menuiserie inférieure.

CHAPITRE II. MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

2.1.1. Situation administrative et géographique

Le présent travail a été effectué dans la réserve forestière de Yoko, un site se trouvant dans le massif forestier du bassin du Congo, et plus particulièrement en République Démocratique du Congo, à une trentaine de kilomètres de la ville Kisangani (Figure 1.1).

Elle est localisée dans le groupement Kisesa, collectivité de Bakumu-Mangongo, territoire d'Ubundu dans la province de la Tshopo (Lomba et Ndjele, 1998)

Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties, bloc Nord avec une superficie de 3370 ha et bloc Sud avec 3605 ha ; soit une superficie totale de 6975 ha. Elle est une propriété privée de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature conformément à l'ordonnance-loi n°75-023 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat chargée de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance-loi n°78-190 du 5 mai 1988 (Lomba, 2007).

Ce site a été mis en place dans le cadre de deux projets, REAFOR, portant sur la dynamique des forêts naturelles. Un centre scientifique a été construit non loin du site d'étude dans le village de PK32 sur la route Ubundu.

La réserve forestière de Yoko est délimitée au Nord par la ville de Kisangani et les forêts perturbées, au Sud et à l'Est par la rivière Biaro qui forme une boucle en suivant cette direction, à l'Ouest par la voie ferrée et la route reliant Kisangani à Ubundu le long de laquelle s'étend des points kilométriques 21 à 38, elle se situe à 0° 17' latitude N et 25° 17' longitude Est. L'altitude de la zone oscille autour de 400 m (Boyemba, 2006 ; Katusi, 2009).

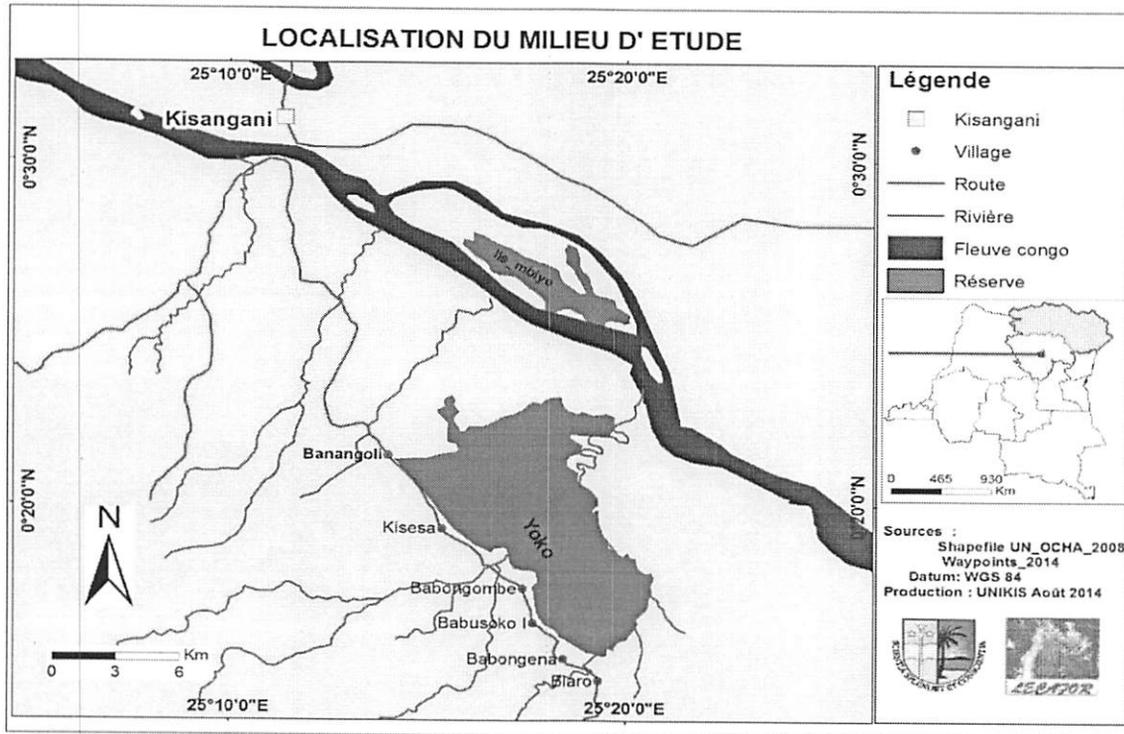


Figure 2.1. La localisation de la réserve forestière de Yoko (Source : Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier « LECAFOR », 2014).

2.1.2. Facteurs Abiotiques

2.1.2.1. Facteur climatique

Etant à la périphérie de Kisangani, elle jouit globalement du climat équatorial de la ville de Kisangani de type Af de la classification de Köppen (Bultot, 1977 cité par Ifuta, 1993) où il pleut pratiquement tous les mois de l'année.

La moyenne des précipitations est élevée toute l'année, mais leur répartition n'est nullement uniforme : 1728,4 mm (minimum : 1417,5 mm et maximum : 1915,4 mm). La moyenne des précipitations du mois le plus sec oscille autour de 60 mm ; l'humidité relative moyenne annuelle est également élevée (soit 82 %) (Nshimba, 2008). Du point de vue thermique, les températures moyennes oscillent entre 23,5 °C et 25,3 °C, soit une amplitude thermique annuelle faible de 1,8 °C (Upoki, 2001) et la moyenne des températures du mois le plus froid est supérieure à 18 °C.

2.1.2.2. Facteurs édaphiques

Les sols de la réserve forestière de Yoko sont de types ferralitiques rouge-ocre (Kombele, 2004 ; Boyemba, 2006), ou encore appelés ferralsols (classification de la FAO)

soit Oxisols (classification de l'USDA) et sont caractérisés par leur épaisseur considérable et une coloration rouge à jaune, le *pH* acide ($\text{pH} < 6$) (Sys, 1960).

2.2. Facteurs biotiques

2.2.1. Végétation

La végétation de la zone du dispositif permanent est essentiellement constituée de deux ensembles: un ensemble regroupant les forêts à Fabaceae/Caesalpinioideae, comprenant des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* qui forme un peuplement plus ou moins pur ; et un autre ensemble des forêts à *Scorodophloeus zenkeri* également constitué d'essences héliophiles ou semi-héliophiles issues probablement de l'anthropisation de la zone ; on y rencontre en général les essences telles qu'*Entandrophragma spp*, *Guarea spp*, *Pericopsis elata*, *Strombosia grandifolia*, etc. (Batsielili, 2008).

2.2.2. Activités anthropiques

La réserve forestière de Yoko a connu une forte dégradation de sa biodiversité suite à une forte pression anthropique et la guerre qui a sévi dans le pays depuis 1996, ayant empêché les activités de conservation, amplifié le braconnage et l'exploitation illégale de bois d'œuvre ainsi que la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis (Lomba, 2007 ; Katusi, 2009)

2.3. Matériel et méthodes

2.3.1. Plan du dispositif

Au sein de la réserve de Yoko est installé un dispositif permanent de 400 ha divisé en deux blocs formant un « L ». Le premier bloc « bloc nord », constitue la barre verticale de « L », qui est un rectangle orienté au nord-sud avec une superficie de l'ordre de 2000 m x 1000 m et le deuxième bloc « bloc sud », constitue la partie horizontale de « L » qui a une superficie de l'ordre de 1000 m x 2000 m.

Dans ce dispositif, sont installées deux parcelles permanentes de 9 ha chacune, l'une dans le bloc nord et l'autre dans le bloc sud. La récolte de données a été faite sur la parcelle permanente du bloc nord (Figure 2.2).

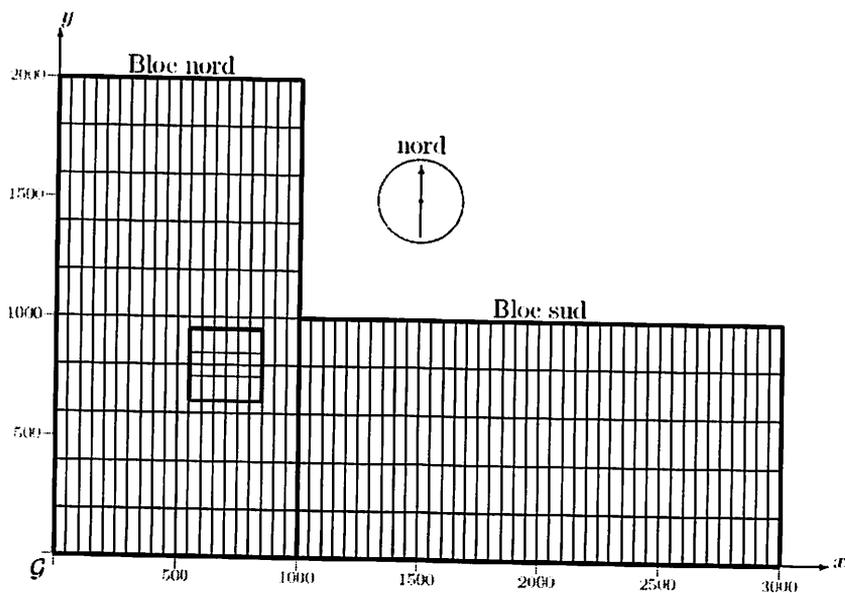


Figure 2.2. Schéma de la zone d'étude avec des layons existants et la position de la parcelle permanente de 9 ha du bloc nord en rouge (Source Picard, 2008)

La parcelle permanente comprend 9 carrés d'un hectare subdivisés chacun en 100 placettes de 10 m x 10 m. (Lomba, 2011 ; Nyembo, 2012). Dans chaque carré, l'inventaire se faisait en directions Est-Ouest suivant l'axe x et Nord-Sud suivant l'axe d'y. (Figure 2.3)

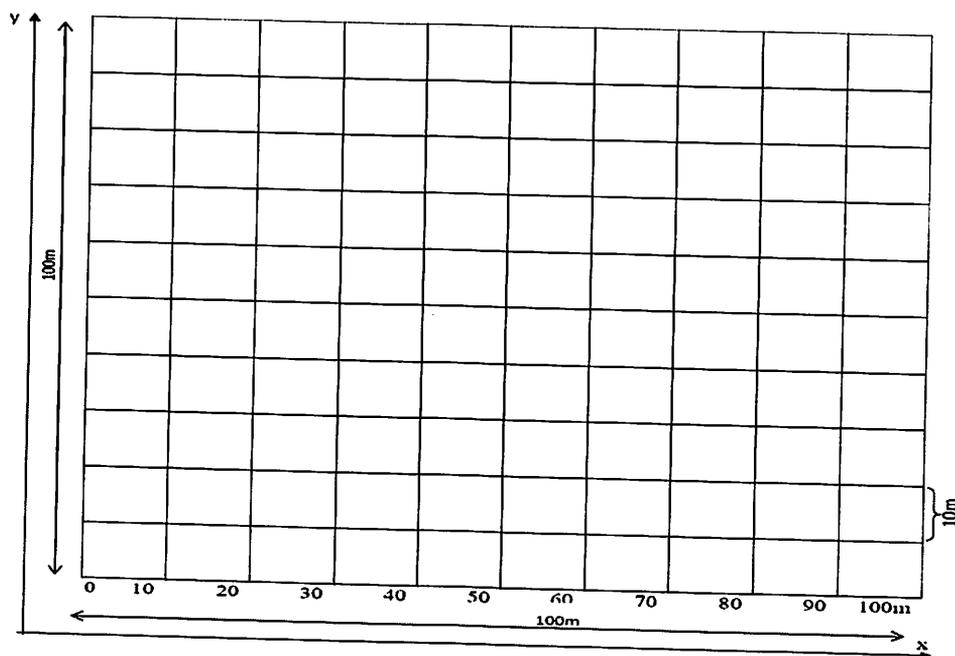


Figure 2.3. Parcelle de 1 ha subdivisée en 100 placettes de 10 m x 10 m.

2.3.2. Protocole de prise des données

Dans chaque carré, la circonférence de différents individus a été mesurée en 2008 à 1,30 m au-dessus du sol et matérialisée par deux traits en peinture rouge durant la première

campagne et la seconde campagne faite en 2014, consistait à remesurer la circonférence au même endroit et à la même hauteur. Les tiges non retrouvées ont été considérées comme mortes.

2.3.3. Analyse des données

2.3.3.1. Le taux de recrutement

Le recrutement est le passage d'un individu non recensé lors de la campagne d'inventaire précédente vers le diamètre de pré-comptage (dc) qui est de 10 cm (Picard & Gourlet-Fleury, 2008).

Le taux de recrutement (TR) est le rapport entre le nombre d'arbres recrutés entre l'année t_1 et t_2 et le nombre total d'arbres vivants au temps dont le diamètre est supérieur à celui de recrutement (dc), (Bedel & al., 1998, SPIAF, 2007). Il est calculé par la formule:

$$\text{Taux de recrutement annuel (\%)} = 100 \times \left(\frac{N_{t_1, t_2}}{N_{t_1}} \right) / \Delta t$$

Où N_{t_1, t_2} : effectifs des recrutés entre les années t_1 et t_2 ; N_{t_1} : effectifs à l'année t_1 et $\Delta t = t_2 - t_1$

2.3.3.2. Le taux de mortalité

Le taux de mortalité (TM) est le rapport de la densité des arbres constatés morts l'année t sur la densité des arbres adultes dont le diamètre de l'année t est supérieur au diamètre de recrutement (Bedel & al., 1998 ; Durrieu de Madron & al., 1998, SPIAF, 2007). Il se calcul par la formule suivant :

$$\text{Taux de mortalité annuel (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{N_t}{N_0} \right)^{(1/t)} \right]$$

Avec t : durée de la période de calcul, N_0 : effectif de départ, N_t : effectif des survivants de la population de départ après t années. Les arbres recrutés ne sont pas pris en compte.

2.3.3.3. Taux de prélèvement

Le taux de prélèvement est le rapport entre la somme des arbres exploités sur le total d'arbres initialement présent avant l'exploitation (SPIAF, 2007).

$$\text{Taux de prélèvement (\%)} = 100 \times \frac{\text{Arbres exploités}}{\text{Total des arbres à dhp} \geq 60 \text{ cm avant exploitation}}$$

2.3.3.4 *Accroissement annuel moyen (Δd)*

Les circonférences mesurées en 2008 et 2014 sont utilisées pour le calcul des accroissements. L'accroissement diamétrique entre deux inventaires est la différence entre le diamètre de l'année t_2 et le diamètre l'année t_1 d'un arbre donné (Favrichon et Gourlet-Fleury, 1998).

$$\Delta d (\text{annuel}) = \frac{(d_{t_2} - d_{t_1})}{t_2 - t_1}$$

Où d = diamètre à la hauteur de poitrine et t = année, avec t_1 et t_2 respectivement l'année initiale et l'année finale de prise des mesures.

L'accroissement de la surface terrière est la différence entre la surface terrière de l'année t_2 et la surface terrière de l'année t_1 pour un peuplement (valeur ramenée à l'hectare).

2.3.3.5. *Surface terrière*

La surface terrière est la section de l'arbre mesurée à la hauteur de la poitrine, c'est-à-dire à 1,30 m au-dessus du sol. Elle a comme unité, mètre carré par ha (m^2/ha) et est calculée par la formule suivante :

$$ST = \pi \times (DHP^2)/4 \text{ (Gounot, 1989)}$$

2.3.3.6. *Biomasse aérienne*

Elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. L'estimation de la biomasse aérienne des arbres s'est faite à partir des équations allométriques en intégrant les paramètres dendrométriques issus de l'inventaire forestier comme indiqué :

1. $d \cdot \exp(-1,499 + 2,148 \cdot \text{LN}(\text{dhp}) + 0,207 \cdot (\text{LN}(\text{DHP}))^2 - 0,0281 \cdot (\text{LN}(\text{dhp}))^3)$; domaine de validité de $5 \text{ cm} < \text{dhp} < 156$ (Chave et al., 2005).
2. $\text{Exp}(-2,289 + 2,649 \cdot \text{LN}(\text{dhp}) - 0,021 \cdot \text{LN}((\text{dhp})^2))$; Domaine de validité : pour les forêts humides (1500 – 4000 mm de pluie) et un diamètre maximum de 148 cm (Timothy et Brown, 2005).

Où d : densité de l'arbre et dhp : diamètre à la hauteur de la poitrine. En ce qui concerne l'espèce *Celtis mildbraedii*, la densité (d) est égale à $0,62 \text{ g/cm}^3$ (Loupe et al., 2008)

2.3.3.7. Le calcul du Stock de carbone (C)

Le calcul du stock de carbone forestier se fait en multipliant la matière sèche de la biomasse aérienne par un facteur de conversion (CF) qui est égal à 0,5. (Thimoty et Brown, 2005).

$$C = \text{Biomasse} \times 0,5 \text{ ou } C = \text{Biomasse}/2$$

2.3.3.8. Indices de reconstitution

La reconstitution des peuplements forestiers et de leur potentiel exploitable est appréciée, pour chaque essence, par l'indice de reconstitution. Cet indice doit être calculé sur des effectifs prélevés. Il constitue les rapports entre les effectifs exploitables en deuxième exploitation et ceux exploités en première exploitation. On fait alors dans ce cas l'hypothèse qu'une première exploitation a eu lieu immédiatement après l'inventaire (SPIAF, 2007)

Les indices de reconstitution obtenu ne chiffrent pas la reconstitution réelle entre la dernière et la prochaine, mais donne une idée du renouvellement de la ressource entre une exploitation qui a eu lieu à la date d'inventaire d'aménagement et une exploitation effectuée, une rotation plus tard (SPIAF, op. cit.)

Le calcul de l'indice de reconstitution se base sur les résultats de l'inventaire d'aménagement (distribution des effectifs par classe de diamètre et par essence de la série de production de la matière ligneuse) et sur une modélisation de l'évolution des peuplements forestiers. Elle est calculée à partir de la formule suivante (SPIAF, op. cit.) :

$$\% \text{ Re}(t) = \frac{N_0(1-\sigma)(1-\alpha)^t}{N_p} \times 100$$

Avec % Re(t) = pourcentage de reconstitution du nombre de tiges initialement exploitables (\geq DME) au temps t ; N_0 = effectifs qui aura dépassé 60 cm de diamètre (ou diamètre considéré) en 25 ans (arbres d'avenir) ; N_p = nombre de tiges de diamètre supérieur à 60 cm; σ = taux de dégâts dus à l'exploitation (7%); α = taux de mortalité et t = temps de passage, soit 25 ans.

2.3.4. Traitements statistiques

Les données ont été saisies sur le tableur Excel et ce dernier, nous a permis d'établir les histogrammes et les différents tableaux ainsi que de calculer la surface terrière, les moyennes et les écart-types de notre échantillon.

Le logiciel R nous a permis d'établir certaines figures et de faire les tests *t*-Student pour comparer la surface terrière, la biomasse produite et le carbone séquestré entre les deux années 2008 et 2014, non paramétrique de Kruskal-Wallis (Kruskal-Wallis χ^2) pour comparer les accroissement diamétriques ainsi que la biomasse produite et le carbone séquestré en fonction des classes de diamètre et enfin, le test de Khi-carré (χ^2) pour comparer la structure diamétrique entre les années 2008 et 2014.

CHAPITRE III. PRESENTATION DES RESULTATS

Au cours de la première campagne faite en 2008, au total, 66 individus de *Celtis mildbraedii* ont été mesurés et 6 ans après, c'est-à-dire en 2014, 2 individus sont morts et 4 ont été recrutés amenant ainsi le nombre total des individus à 68, soit une augmentation de 2 individus.

3.1. Taux de recrutement (TR)

Le tableau 3.1 montre qu'après 6 ans, 4 individus ont été recrutés, soit un taux de recrutement de 1,01%.

Tableau 3.1 : Taux de recrutement des individus de *Celtis mildbraedii*

Effectif initial	Recruté (6 ans)	TR (%)
66	4	1,01

3.2. Taux de mortalité (TM)

Après 6 ans, le tableau 3.2 montre que, 2 individus sont morts sur un total de 66 individus inventoriés en 2008, soit un taux de mortalité de 0,52 % en 2014

Tableau 3.2 : Taux de mortalité des individus de *Celtis mildbraedii*

Effectif initial	Morts (6 ans)	TM (%)
66	2	0,52

La figure 3.1. Montre que, le taux de mortalité le plus élevé est observé dans la classe de [40-50[cm avec une proportion de 3,72 % suivie de celle allant [10-20[cm avec 0,79%.

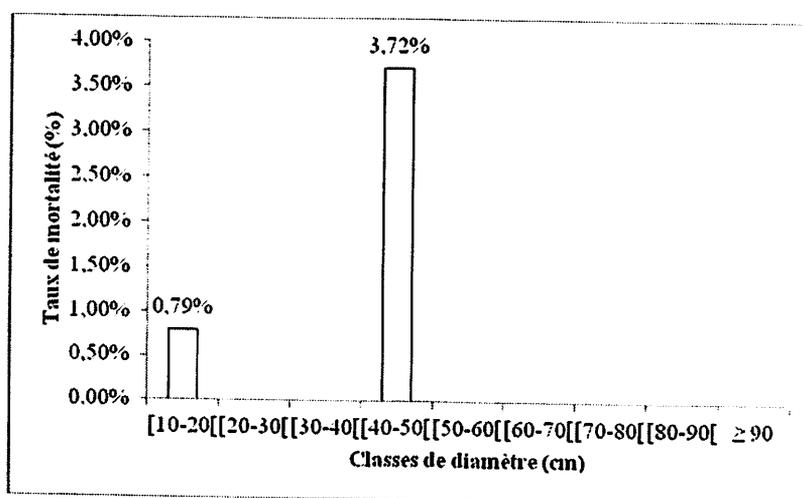


Figure 3.1. Le taux de mortalité en fonction des classes de diamètre

3.3. Accroissement annuel moyen (AAM)

Après 6 ans, le tableau 3.2. Montre que, les accroissements annuels moyens de tous les individus de *C. mildbraedii* sont de $0,43 \pm 0,27$ cm/an avec un maximum de 1,77 cm/an et un minimum de 0,02 cm/an.

Tableau 3.3. Accroissement annuel moyen des individus de *C. mildbraedii*

AAM (cm/an)	Maximum	Minimum
$0,43 \pm 0,27$	1,77	0,02

Les différentes classes de diamètre prises individuellement, la figure 3.2 montre que, la classe allant de [20-30 cm[présente un accroissement annuel moyen le plus élevé ; suivie de [60-70 cm[tandis que la classe à $d_{hp} \geq 90$ cm, présente un accroissement annuel moyen le moins élevé. En utilisant le test de Kruskal-wallis pour comparer les accroissements annuels moyens en fonction des classes de diamètre, on constate qu'il y a une différence significative (Kruskal-wallis $\chi^2 = 17$; dl = 8, p-value = $0,03 < 0,05$)

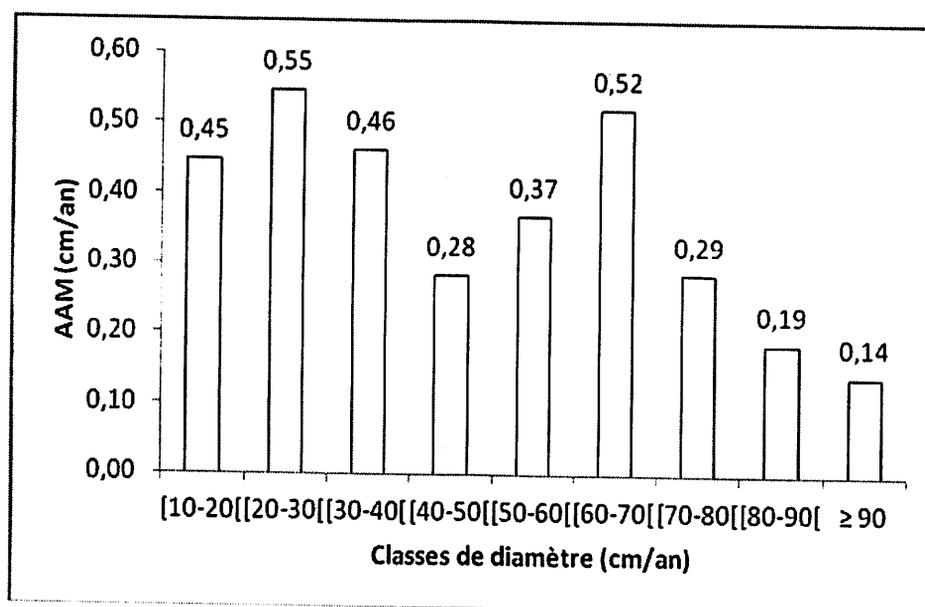


Figure 3.2. Accroissement annuel moyen en fonction des classes de diamètre

3.4. Structure diamétrique

La figure 3.3 montre que, les deux structures diamétriques sont en « J » inversé, c'est-à-dire que, le nombre d'individus diminue avec l'augmentation des classes de diamètre. La classe allant [10-20 cm[présente un effectif plus élevé en 2008 comme en 2014 suivie de [20-30 cm[tandis que celles de [80-90 cm[et à $d_{hp} \geq 90$ cm présentent les effectifs moins élevés. Pour répondre aux exigences du test de Khi-carré, les deux structures diamétriques ont

élevés. Pour répondre aux exigences du test de Khi-carré, les deux structures diamétriques ont été regroupées en 7 classes de diamètre, c'est-à-dire à celles à $d_{hp} \geq 70$ cm. En les comparant, on constate qu'il n'y a pas de différence significative ($\chi^2 = 2,32$; $dl = 6$ et $p = 0,51 > 0,05$)

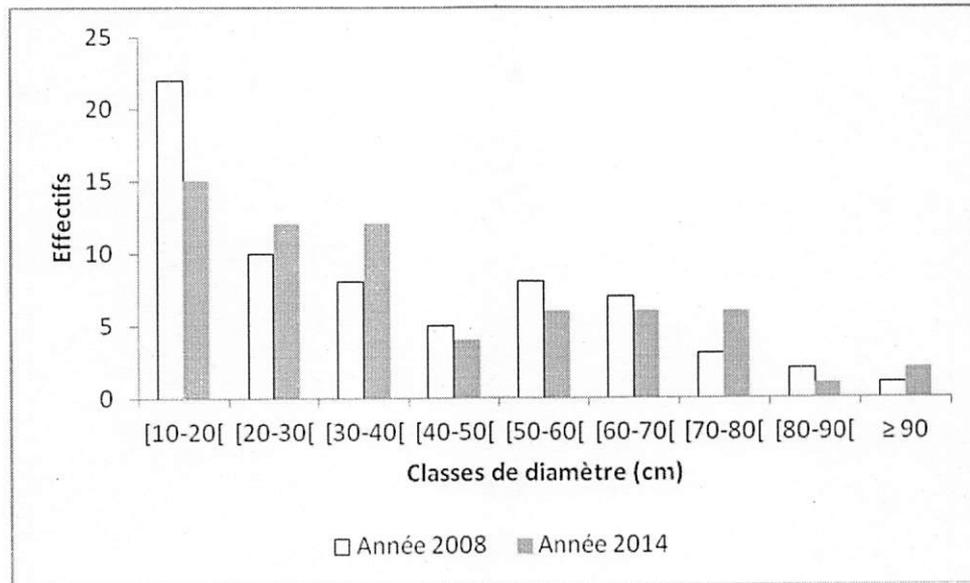


Figure 3.3. Structure diamétrique des individus de *C. mildbraedii*

3.5. Surface terrière (m²/ha)

Entre les années 2008 et 2014, nous avons remarqué qu'une légère variation positive s'est faite, soit en 2008, la surface terrière était de 1,1004 m²/ha ($0,164 \pm 0,0203$ m²/ha) mais 6 ans après, elle est passée de 1,1993 m²/ha ($0,0187 \pm 0,0207$ m²/ha), soit un accroissement de 0,0989 m²/ha

La figure 3.4 montre que, 50 % des individus de différentes classes de diamètre ont des surfaces terrières comprises entre 0,08 à 0,14 m²/ha pour l'année 2008 tandis qu'elles sont comprises entre 0,06 à 0,18 m²/ha pour l'année 2014.

En utilisant le test de *t*-Student pour comparer les deux valeurs de la surface terrière, on constate qu'il y a une différence significative ($t = 23,3$; $dl = 1$ et $p = 0,023 < 0,05$). C'est-à-dire que, les individus de *C. mildbraedii* occupent plus le sol en 2014 qu'en 2008.

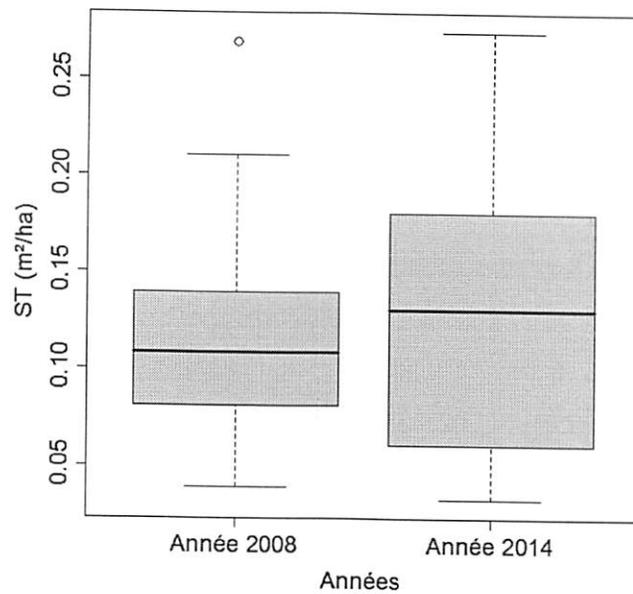


Figure 3.4. Dispersion des valeurs des surfaces terrières des individus de *C. mildbraedii* pour les années 2008 et 2014. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne ; la barre basse indique la surface terrière minimale, la barre haute indique la surface terrière maximale. Le point au-dessus n'est pas pris en compte.

3.6. Evolution de la biomasse et du stock de carbone

Le tableau 3.4 montre que, la biomasse totale produite en 2008 était de 16,4421 t/ha ($0,2530 \pm 0,3586$ t/ha) tandis qu'en 2014, elle est de 18,0077 t/ha ($0,2814 \pm 0,3702$ t/ha), soit un gain annuel de l'ordre de 0,26093 t/ha. La quantité de carbone séquestré en 2008 était 8,2210 t/ha ($0,1260 \pm 0,1793$ t/ha) tandis qu'en 2014, elle est de 9,0038 t/ha ($0,1407 \pm 0,1851$ t/ha), soit un gain annuel de l'ordre de 0,13047 t/ha. En utilisant le test de *t*-Student pour comparer la quantité de la biomasse produite et du carbone séquestré entre les années 2008 et 2014, on constate qu'il y a une différence significative ($t = 25,5$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,025 < 0,05$)

Tableau 3.4. Evolution de la biomasse et séquestration de carbone entre 2008 et 2014

Années	BM (t/ha)	Δ BM (t/ha)	C (t/ha)	Δ C(t/ha)
2008	16,4421	$0,2530 \pm 0,3586$	8,2210	$0,1260 \pm 0,1793$
2014	18,0077	$0,2814 \pm 0,3702$	9,0038	$0,1407 \pm 0,1851$
Gain annuel (t/ha/an)		0,26093		0,13047

3.7. Biomasse produite et carbone séquestré en fonction des classes de diamètre

Pour l'année 2008, la figure 3.5 montre que, la classe de [60-70 cm [avait produit et séquestré plus la biomasse et le carbone suivie de [50-60[cm tandis que celle de [10-20 cm [avait produit et séquestré moins. Par contre en 2014, la figure 3.6 illustre que, la classe de [70-80 cm [a produit et séquestré plus la biomasse et le carbone suivie de [60-87 cm [tandis que celle de [10-20[cm a produit et séquestré moins. En utilisant le test de Kruskal-Wallis pour comparer la biomasse produite et le carbone séquestré en fonction des classes de diamètre pour les deux années, on constate qu'il y a une différence hautement significative (Kruskal-Wallis $\chi^2=124,6$; dl= 8, $p < 0,001$)

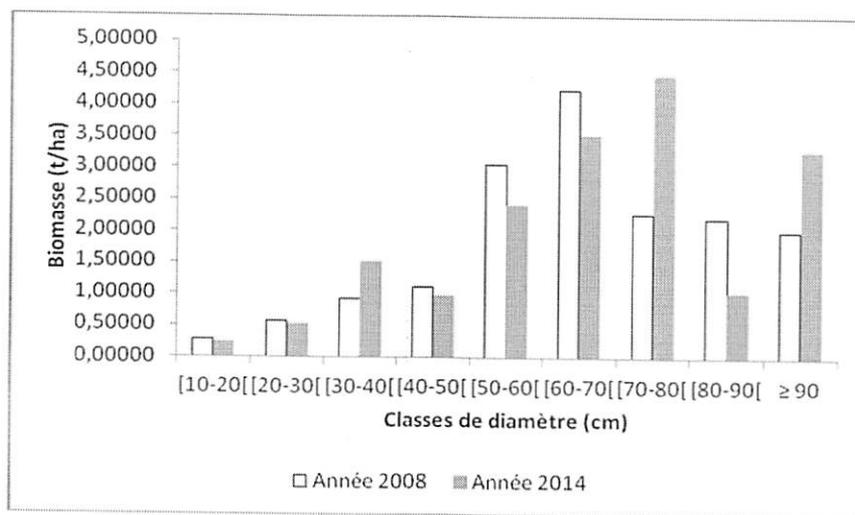


Figure 3.5. Biomasse produite en fonction des classes de diamètre

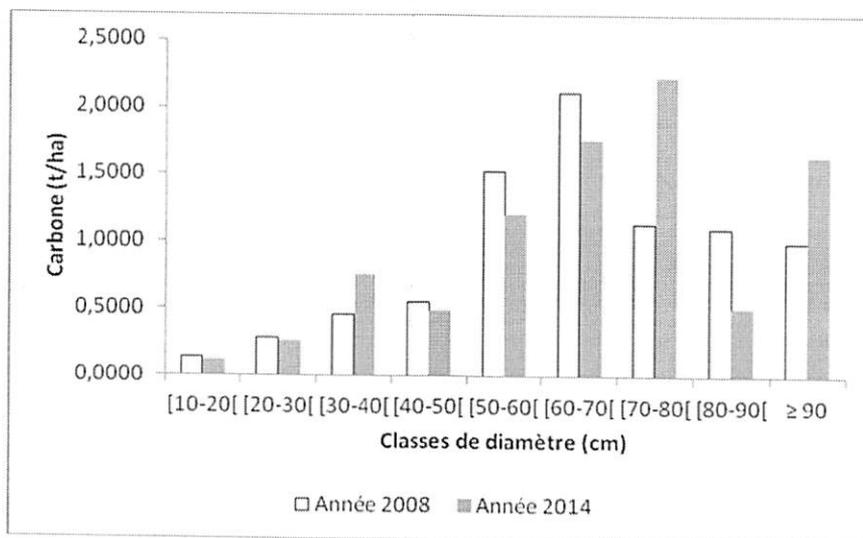


Figure 3.6. Carbone séquestré en fonction des classes de diamètre

3.8. Corrélation entre la biomasse, la densité du bois et le diamètre

Il ressort de la figure 3.7 que, la production de la biomasse augmente avec la densité du bois et le diamètre de l'arbre, c'est-à-dire qu'il y a une corrélation positive entre la biomasse, la densité du bois et le diamètre ($R = 0,99604$; $t = 86,8$ et la probabilité $p = 0,001$).

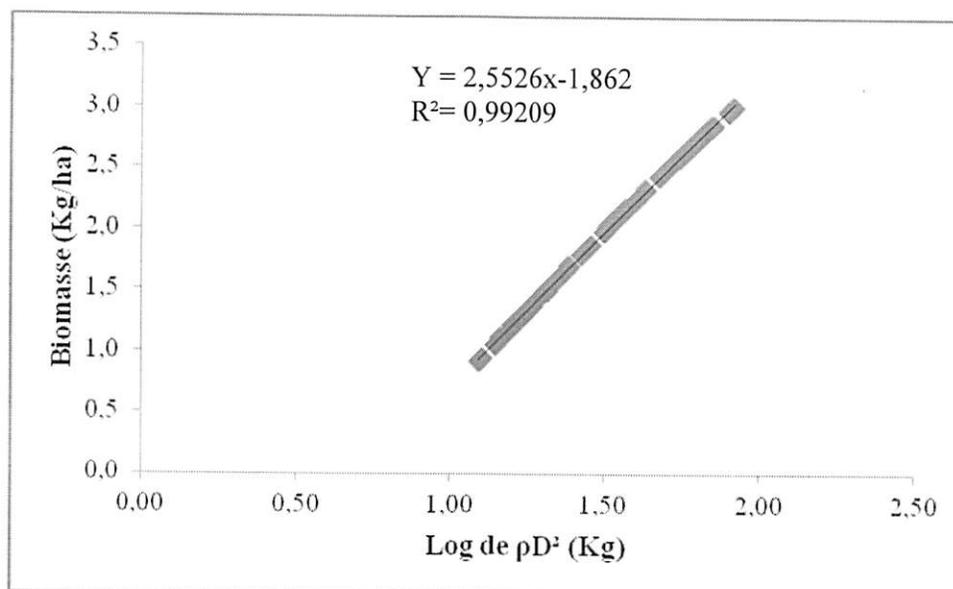


Figure 3.7. Corrélation entre la biomasse, la densité du bois et diamètre.

3.9. Taux de reconstitution

Le tableau 3.5 montre qu'en tenant compte du diamètre minimum d'exploitation de 60 cm et le nombre des tiges exploitables au temps initial est de 15 pieds. Lorsqu'on prélève successivement 50% (tableau 3.6a) ; 75% (tableau 3.6b) ; et 100% (tableau 3.9c) des tiges exploitables après 25 ans, le taux de reconstitution serait successivement égal à 77,33 % ($\%Re = [(4,53+4,15+2,14+0,78)/15] \times 100$) ; 53,73% ($\%Re = [(4,53+2,07+1,07+ 0,39)/15] \times 100$) et 30,2% ($\%Re = [(4,53+0+0+0)/15] \times 100$)

Tableau 3.5a. Taux de prélèvement de 50 % (7,5 pieds)

Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Effectif initial	15	12	12	4	6	6	6	1	2
AAM (cm/an)	0,45	0,55	0,46	0,28	0,37	0,52	0,29	0,19	0,1
Passage (%)	112,5	137,5	115	70	92,5	130	72,5	47,5	35
Maintien (%)	0	0	0	30	7,5	0	27,5	52,5	65
Tiges exploitées	0	0	0	0	0	3	3	0,5	1
Tiges endommagées	1,05	0,84	0,84	0,28	0,42	0	0	0	0
Nouvel effectif	13,95	11,16	11,16	3,72	5,58	3	3	0,5	1
Tiges vivantes 25 ans	12,25	9,80	9,80	3,27	4,90	2,63	2,63	0,44	0,9
Mortalité naturelle	1,70	1,36	1,36	0,45	0,68	0,37	0,37	0,06	0,12
Tiges maintenues 25 ans	0	0	0	0,98	0,37	0,00	0,72	0,23	0,6
Tiges de passage 25 ans	13,78	13,47	11,27	2,29	4,53	3,42	1,91	0,21	0,3
Effectif 25 ans après	15	13,78	13,47	12,25	2,65	4,53	4,15	2,14	0,78

Tableau 3.5b. Taux de prélèvement de 75 % (11,25 pieds)

Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Effectif initial	15	12	12	4	6	6	6	1	2
AAM (cm/an)	0,45	0,55	0,46	0,28	0,37	0,52	0,29	0,19	0,1
Passage (%)	112,5	137,5	115	70	92,5	130	72,5	47,5	35
Maintien (%)	0	0	0	30	7,5	0	27,5	52,5	65
Tiges exploitées	0	0	0	0	0	4,5	4,5	0,75	1,5
Tiges endommagées	1,05	0,84	0,84	0,28	0,42	0	0	0	0
Nouvel effectif	13,95	11,16	11,16	3,72	5,58	1,5	1,5	0,25	0,5
Tiges vivantes 25 ans	12,25	9,80	9,80	3,27	4,90	1,32	1,32	0,22	0,4
Mortalité naturelle	1,70	1,36	1,36	0,45	0,68	0,18	0,18	0,03	0,06
Tiges maintenues 25 ans	0	0	0	0,98	0,37	0	0,36	0,12	0,3
Tiges de passage 25 ans	13,78	13,47	11,27	2,29	4,53	1,71	0,95	0,10	0,2
Effectif 25 ans après	15	13,78	13,47	12,25	2,65	4,53	2,07	1,07	0,39

Tableau 3.5c Taux de prélèvement de 100 % (15 pieds)

Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Effectif initial	15	12	12	4	6	6	6	1	2
AAM (cm/an)	0,45	0,55	0,46	0,28	0,37	0,52	0,29	0,19	0,1
Passage (%)	112,5	137,5	115	70	92,5	130	72,5	47,5	35
Maintien (%)	0	0	0	30	7,5	0	27,5	52,5	65
Tiges exploitées	0	0	0	0	0	6	6	1	2
Tiges endommagées	1,05	0,84	0,84	0,28	0,42	0	0	0	0
Nouvel effectif	13,95	11,16	11,16	3,72	5,58	0	0	0	0
Tiges vivantes 25 ans	12,25	9,80	9,80	3,27	4,90	0	0	0	0
Mortalité naturelle	1,70	1,36	1,36	0,45	0,68	0	0	0	0
Tiges maintenues 25 ans	0	0	0	0,98	0,37	0	0	0	0
Tiges de passage 25 ans	13,78	13,47	11,27	2,29	4,53	0	0	0	0
Effectif 25 ans après	15	13,78	13,47	12,25	2,65	4,53	0	0	0,

CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS

La discussion des résultats se penchera plus sur le caractère démographique des individus (mortalité et recrutement), influence de l'accroissement diamétrique sur la surface terrière et la biomasse (carbone) et enfin, l'appréciation du taux de reconstitution.

4.1. Caractéristiques dendrométriques

4.1.1 Taux de recrutement et mortalité

A partir de la première campagne faite en 2008, l'inventaire complet des individus de *Celtis mildbraedii* à $d_{hp} \geq 10$ cm a révélé un taux de mortalité de 0,52 % en 2014. Ce taux est inférieur à celui constaté par (Baginyio, 2014) (1,79 %) pour *Julbernardia seretii*; Kambale (2014) (1,97 %) pour *Pycnanthus angolensis*; Kaswera (2014) pour *Cynometra hankei* (1,46%) et Masangu (2014) (0,65%) pour *Scorodophloeus zenkeri* dans la même parcelle permanente du bloc nord. Mais ces différentes valeurs du taux de mortalité sont proches de celles estimées par Durrieu de Madron et al. (1998a) (1,3%) en Côte-d'Ivoire et en République Centrafricaine; Lejoly (2000) (1-2%) en République Centrafricaine dans la forêt de Ngoto et Esteve (2001) (1%).

Le taux de recrutement obtenu pour les individus de *C. mildbraedii* est de 1,01%. Ce taux est supérieur à ceux obtenus par Baginyio (2014) (0,38 %) pour *Julbernardia seretii* et Masangu, (2014) (0 %) pour *Scorodophloeus zenkeri*, mais similaire à celui obtenu par Kaswera (2014) pour *Cynometra hankei* (1,01%) et relativement inférieur à celui obtenu par Kambale (2014) (2,97 %) pour *Pycnanthus angolensis*, Lejoly (2000) (1,2 %) dans la forêt de Ngoto en RCA et Menga (2011) (3,91% à 8,62%) pour *Millettia laurentii* dans la région du lac Maï-Ndombe à Bandundu au sein du groupement à *Picralima nitida* et *M. laurentii*

Le bilan démographique montre que le taux de recrutement est supérieur à celui de mortalité, ce qui conduit à une augmentation du nombre d'individus dans le peuplement passant de 64 à 68 individus en 6 ans (avec un taux de mortalité de 0,52 %), ce qui nous permet d'affirmer que la population de *C. mildbraedii* dans la parcelle permanente du bloc nord a tendance à s'équilibrer avec le recrutement des individus de la régénération acquise ($1 \text{ cm} \leq d_{hp} < 10 \text{ cm}$). Toutefois, le taux de mortalité a tendance à augmenter avec le temps de suivi, c'est qu'avait constaté aussi Madeleine (2009) dans son étude réalisée dans la forêt dense humide sempervirente aux Ghâts occidentaux de l'Inde.

4.1.2 Accroissement diamétrique influe sur la surface terrière et la biomasse

Les accroissements diamétriques moyens des individus de *Celtis mildbraedii* sont de $0,43 \pm 0,27$ cm avec un maximum de 1,77 cm et un minimum de 0,02 cm. Globalement, ses valeurs sont légèrement supérieures à celles obtenues par Isetcha (2013) ($0,32 \pm 0,29$ cm/an) pour *Prioria oxyphylla* ; Baginyio (2014) ($0,38 \pm 0,07$ cm/an) pour *Julberrnardia seretii* ; Kambale (2014) ($0,3 \pm 0,2$ cm/an) pour *Pycnanthus angolensis* ; Kaswera (2013) ($0,3 \pm 0,22$ cm/an) pour *Cynometra hankei* et Masangu (2014) ($0,28 \pm 0,12$ cm/an) pour *Scorodophloeus zenkeri* au sein de la même parcelle.

La surface terrière des individus de *Celtis mildbraedii* est passée de 1,1004 m²/ha en 2008 à 1,1993 m²/ha en 2014, soit un accroissement annuel de 0,01648 m²/ha/an. Visiblement 6 ans après, on constate qu'il y a une différence significative en ce qui concerne la surface terrière entre les années 2008 et 2014 (Cf. point 3.5, figure 3.5). D'où, l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « la surface terrière occupée par les individus de *Celtis mildbraedii* en 2008 est significativement différente de celle occupée par les mêmes individus en 2014 ».

L'augmentation de la surface terrière étant fortement corrélée à la biomasse (Phillips et al., 1994), les analyses révèlent que, les individus de différentes espèces dans la parcelle permanente se trouvent dans une phase d'accumulation de la biomasse car les estimations faites après 6 ans font état d'une augmentation de la quantité de la biomasse aérienne qui passe de 16,4421 t/ha en 2008 à 18,0077 t/ha en 2014, soit un gain de 0,2609 t/ha/an. De même de la quantité de carbone séquestré qui montre également un accroissement qui passe de 8,2210 t/ha en 2008 à 9,0038 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,13045 t/ha/an. Statistiquement, en se référant au point 3.6 et du tableau 3.4, on constate qu'il y a logiquement une différence significative entre la quantité de la biomasse produite et du carbone séquestré entre les années 2008 et 2014. D'où, l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « la quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestré à la première mensuration (2008) sont significativement différentes de celles de la seconde mensuration (2014) ». Les résultats similaires ont été observés par Isetcha (2013) (de 19,5300 t/ha à 20,6724 t/ha en 2013, soit un gain annuel de 0,2856 t/ha/an), Baginyio (2014) (de 14,5897 t/ha en 2008 à 16,2036 t/ha en 2013, soit un gain annuel de 0,4403 t/ha/an), Kambale (2014) (de 0,8795 t/ha en 2008 à 1,1108 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,0463 t/ha/an), Kaswera (2014) (de 42,3525 t/ha en 2008 à 43,7956 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,2886 t/ha) et Masangu, (2014) (de 123,0214 t/ha en 2008 à 126,2078 t/ha en 2014, soit un



gain annuel de 0,6373 t/ha/an) respectivement pour les espèces *Prioria oxyphylla*, *Julbernardia seretii*, *Pycnanthus angolensis*, *Cynometra hankei* et *Scorodophloeus zenkeri* au sein de la même parcelle permanente où la biomasse produite et le carbone séquestré augmente avec le nombre d'années.

Au sein de la même parcelle permanente, Nyembo (2012) a évalué la biomasse de toutes les espèces confondues dans un des carrés d'un hectare et a obtenu une valeur de la biomasse estimée à 379,051 t/ha en 2008 à 414,83 t/ha en 2012 donnant un accroissement de 8,944kg/ha/an. De ces résultats, nous constatons que les valeurs de la biomasse obtenues dans la forêt semi-caducifoliée de Yoko sont supérieures aux estimations moyennes de la biomasse obtenues en fonction de types de forêt, 323 t/ha pour les forêts denses humides sempervirentes, 291 t/ha pour les forêts humides semi-décidues et 207 t/ha pour les forêts décidues (FAO, 2010). Aux regards du gain annuel du stockage de carbone, il paraît que cette forêt semi-caducifoliée de la réserve de Yoko est un puits potentiel de carbone.

4.1.3. Probabilité de renouvellement d'effectifs exploitables

Selon l'évolution du peuplement, après l'exploitation, en considérant le diamètre minimum d'exploitation de 60 cm avec les tiges exploitables au temps initial de l'ordre de 15 pieds. Si l'on prélève successivement 50 % des tiges exploitables (7,5 pieds) ; 75 % (11,25 pieds) et 100 % (15 pieds), après 25 ans, le taux de reconstitution serait respectivement de 77,33 % (11,6 pieds) ; 53,73 % (8,06 pieds) et 30,2 % (4,53 pieds) (Cf. point 3.9 et tableau 3.5a, b et c). D'où, l'acceptation en grande partie de l'hypothèse selon laquelle « d'après l'administration forestière de la RDC fixant le diamètre minimum d'exploitabilité (DME) à 60 cm et le temps de rotation à 25 ans, on suppose que l'espèce se reconstitue bien pendant le temps imparti après la première exploitation »

En considérant un DME \geq 60 cm et après 25 ans, certaines espèces qui ont fait déjà l'objet d'étude de leur dynamique au sein de ladite parcelle permanente telles que *Cynometra hankei* ne se reconstitue pas quelque soit le taux de prélèvement utilisé (Kaswera, 2014); *Scorodophloeus zenkeri* ne se reconstitue que si l'on prélève 50 % des tiges exploitables (Masangu, 2014) tandis que *Anonidium mannii* (Kambale, 2014) et *Julbernardia seretii* (Baginyo, 2014) se reconstitue aisément quelque soit le taux de prélèvement appliqué. De ce résultat, nous constatons que *Celtis mildbraedii* fait partie des espèces dont le prélèvement des tiges exploitables au taux de 50 à 75 % n'entrave pas la reconstitution de l'espèce dans une forêt semi-caducifoliée à *Scorodophloeus zenkeri*.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

La croissance individuelle des arbres est un processus majeur de la dynamique forestière. Sa compréhension est indispensable à la modélisation de la dynamique des populations d'arbres et des forêts.

Les objectifs spécifiques poursuivis dans ce travail étaient d'évaluer (i) la variation de la surface terrière entre $t_1 - t_2$ dans la parcelle permanente; (ii) la variation de la biomasse et du carbone entre $t_1 - t_2$ et enfin, le taux de reconstitution de l'espèce 25 ans après la première exploitation dans un biotope où si cette espèce serait exploitable

Après l'analyse, les résultats suivants ont été obtenus :

- Le bilan démographique montre que le taux de recrutement (1,01%) est supérieur à celui de mortalité (0,52%), ce qui conduit à une augmentation du nombre d'individus dans le peuplement, passant de 66 à 68 individus en 6 ans ;
- Les accroissements diamétriques moyens sont de $0,43 \pm 0,27$ cm/an avec la valeur maximale de 1,77 cm/an et la minimale de 0,02 cm/an.
- La surface terrière totale est passée de 1,1004 m²/ha en 2008 à 1,1993 m²/ha en 2014.
- La biomasse totale produite est passée de 16,4421 t/ha en 2008 à 18,0077 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,26093 t/ha. La quantité de carbone séquestrée est passée de 8,2210 t/ha en 2008 à 9,0038 t/ha en 2014, soit un gain annuel de 0,13046 t/ha.
- Après une rotation de 25 ans, l'espèce se reconstitue bien si l'on prélève 50 à 75 % des pieds exploitables.

Eu égard de ce qui précède, nous recommandons que des études similaires soient répandues dans toutes les forêts de la RDC en vue d'avoir une idée sur les accroissements diamétriques des différentes essences, leur potentialité dans la production de la biomasse et la quantité de carbone séquestré et d'apprécier leur taux de reconstitution après l'exploitation. En disposant toutes ces banques des données, pourraient faciliter à la RDC, d'évaluer tous ces paramètres et les dividendes qui en découleront pour un développement socioéconomique face aux enjeux de changement climatique qui fait la une dans les différents colloques et conférences internationaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baginyo, B., 2013. Dynamique de *Julbernardia seretii* troupin dans la parcelle permanente du bloc Nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC) Mémoire inédit, FS/UNIKIS, 30 p.
- Batsielili, A., 2008. Phénologie et régénération des espèces ligneuses arborées en Afrique tropicale humide : cas d'Afromosia (*Pericopsis elata*) et du Tola (*Prioria balsamifera*) en RDC. Mémoire de stage de fin de cycle. Montpellier, France, 64 p.
- Bedel, F., Durrieu de Madron, L., Dupuy B., Favrichon, V., Maitre H.F., BarHen, A., Narboni, Ph., 1998. Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine. Le dispositif de M'Baiki en République Centrafricaine (1982-1995). CIRAD Forêt, Montpellier. Série FORAFRI, document 1 ; 71p.
- Beetson, T., M. Nester, and J. Vanclay. 1992. Enhancing a permanent sample plot system in natural forests. *The Statistician* 41:525-538.
- Boyemba, B., 2006. Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), D.E.A inédit, ULB, Lab. Bot. Syst., 101p.
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, Pascal, J-P., 2003. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Rev. For. Fr.* numéro spécial, pp 118-130
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.-P, Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riéra B., and Yamakura T.. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* (200) 145: pp87-99.
- Clark, D. A., and D. B. Clark. 1999. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. *Ecological Applications*, pp 10-20
- Condit, R., Ashton, P., Bunyavejchewin, S., Dattaraja, H. S., Davies, S., Esufali, S., 1995. Diversity. *Science* 313(5783): pp 98-101.
- Durrieu de Madron, L., Favrichon, V., Dupuy, B., Bar Hen, A., Houde, L., Maître, H.F., 1998a. Croissance et productivité en forêt dense humide : bilan des expérimentations dans le dispositif d'Irobo, Côte d'Ivoire (1978-1990). Projet FORAFRI, 68 p.
- Esteve J., 2001. Etude sur le plan pratique d'aménagement des forêts naturelles de production tropicales africaines. Volet I, Production forestière, ATIBT, Paris, 91 p.

- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales. Rapport principal Etude FAO foret n°140, Rome, 85p.
- Favrichon, V. et Sylvie, G., 1998. Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide ; Eléments pour une méthodologie d'analyse des données ; CIRAD-Forêt Campus International de Baillarguet, 15p.
- Gounot, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, pp 25.
- Ifuta, N.B., 1993. Paramètres écologiques et hormonaux durant la croissance et la reproduction d'*Epomus franqueti* (Mammalia : Chiroptera) de la forêt ombrophile équatoriale de Masako (Kisangani-Zaïre). Thèse de doctorat, inédite, K.UL., 142p.
- Isetcha, P., 2013. Structure, accroissement diamétrique et évolution du stock de carbone des essences de la forêt semi-caducifoliée de la réserve forestière de Yoko : Cas de *Prioria oxyphylla* (Harms) Brettel dans la parcelle permanente du bloc nord (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FS/UNIKIS, 35p.
- Kambale, M., 2014. Etude de la dynamique de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Exell dans le dispositif permanent du bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FS/UNIKIS, 28 p
- Kambale, M.S, 2014. Etude de la dynamique d'*Anonidium mannii* (Oliver) Engler & Diels dans la parcelle permanente du bloc nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FS/UNIKIS, 24 p
- Kahindo, M-J ., 2011. Potentiel des produits forestiers autres que le bois d'œuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas de rotins *Eremospatha haullevilleana* de Wild et *Laccosperma secundiflorum*(P.Beauv.) Kuntze de la réserve forestière de yoko (Province Orientale, R.D.Congo). Thèse de Doctorat, FS/UNIKIS, 269 p.
- Kaswera, K, 2014. Etude de la dynamique de *Cynometra hankei* Harms dans la parcelle permanente du bloc nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC). Mémoire inédit, FS/ UNIKIS, 30 p.
- Katusi, L., 2009. Analyse de la régénération et de la structure spatiale des *Meliaceae* de la réserve forestière de Yoko. Cas de *Guarea cedrata* (A. Chev.) Pellegr. et *Guarea thompsonii* Spragne et Hutch. (Ubundu, Province Orientale, R.D. Congo), DEA inédit, Fac. Sc/Unikis, 102 p.
- Kombe, L., 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire de Sciences agronomiques Gembloux, pp12-25.

- Lejoly J., 2000. Les recherches sur la biodiversité végétale dans les 6 sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000 ; Rapport final de synthèse.
- Lewis, S. L., Lopez-Gonzalez, G., Sonké, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T. R., Ojo, L.O., Phillips, O. L., Reitsma, J. M., White, L., Comiskey, J. A., Djuikouo, M.-N. K., Ewango C. E. N., Feldpausch, T. R., Hamilton, A. C., Gloor, M., Hart, T., Hladik, A., Lloyd, J., Lovett, J.C., Makana, J.-R., Malhi, Y., Mbago, F. M., Ndangalasi, H. J., Peacock, J., Peh, K. S.-H., Sheil, D., Sunderland, T., Swaine, M. D., Taplin, J., Taylor, D., Thomas, S. C., Votere, R. and Wöll, H. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature* **457**:1003-1006.
- Lomba, B. L. et Ndjele, M-B., 1998. Utilisation de la méthode de transept en vue de l'étude de la phytodiversité dans la réserve de Yoko (Ubundu R.D.C.). *Annales (11) Fac.Sc./Unikis*, pp35- 46.
- Lomba, B. L., 2007. Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RDC.) DES inédit, Fac. Sc. / Unikis, 60p.
- Lomba B.L. 2011. Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro (Ubundu, province orientale RD. Congo). Thèse inédit, Fac. Sc./Unikis, 261p.
- Loupe, D; Oteng-Amoako, A.A; Brink, M.; Lemmens, R.H.M.J.; Oyen, L.P.A.; Cobbinah, J.R.; Chauvet, M. et Siemonsma, J.S., 2008. Bois d'oeuvre 1. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7 (1). *Prota*, 785 p.
- Madelaine, A.C., 2009. Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes : variabilité inter et intraspécifique de la croissance des arbres et trajectoires de développement en forêt dense humide sempervirente. Doctorat d'Écologie Quantitative, Université de Montpellier 2, pp20.
- Masangu N. 2013. Dynamique de *Scorodophloeus z.* dans la parcelle permanente du bloc Nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, P.O, RDC) Mémoire inédit, FS/UNIKIS, 37 p.
- Menga, M, P. 2011. Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Wild. (Wenge) dans la région du lac Maï-Ndombe, en RD Congo. Thèse, FS/ UNIKIN, 190 p + annexes.
- Nshimba, S.M., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani (R.D.C) Thèse de doctorat, ULB, Labo. Bot. Syst, 271 p.

- Nyembo, K., 2012. Contribution à l'étude de la dynamique forestière : Accroissement diamétrique et évolution du stock de carbone dans la forêt semi-caducifoliée de la réserve de Yoko (Ubundu, RD. Congo). DEA inédit, FS/ UNIKIS, 46p + annexes.
- Peacock, J., T. R. Baker, S. L. Lewis, G. Lopez-Gonzalez, and O. L. Phillips. 2007. The RAINFOR database: monitoring forest biomass and dynamics. *Journal of Vegetation Science* 18:535-542.
- Phillips, O. L., and A. H. Gentry. 1994. Increasing turnover through time in tropical forests. *Science* 263:954-958.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, G. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Bánki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. Alves de Oliveira, N. Dávila Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. Aparecida Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patiño, M. C. Peñuela, A. Prieto, F. Ramírez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, S. Sota Thomas, H. ter Steege, J. Stropp, R. Vásquez, P. Zelazowski, E. Alvarez Dávila, S. Andelman, A. Andrade, K.-J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, E. Honorio C., H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. Peña Cruz, N. C. A. Pitman, P. Núñez Vargas, H. Ramírez-Angulo, A. Rudas, R. Salamão, N. Silva, J. Terborgh, and A. Torres-Lezama. 2009. Drought sensitivity of the amazon rainforest. *Science* 323:1344-1347.
- Picard, N. & Gourlet-F, S. 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko. UPR « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, 436 p.
- Shaumba, K., 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale des Fabaceae (Caesalpinioïdae) de la Yoko. Cas de Tola : *Prioria balsamifera* (Vermoesen) Brettele, Tshitola: *Prioria oxyphylla* J. Léonard et Divida : *Scorodophloeus zenkeri* Harms, DEA, Fac. Sc. /Unikis, 82p.
- Sheil, D. 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *Forest Ecology and Management*, pp 28
- SPIAF, 2007. Guide opérationnel. Modèle de calcul de la possibilité forestière. MECN, Eaux et Forêt, RDC, 17 p.
- Sys, C., 1960. Carte de sol et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Burundi. Notice explicative de la carte des sols du Congo et du Rwanda-Burundi. Publ., INEAC, BRUXELLES, 84p.

- Tailfer, Y., 1989. La Forêt dense d'Afrique centrale - Identification pratique des principaux arbres. Agence de Coopération Culturelle et Technique et CTA, Wageningen, Tome 1, 456 p.
- Timothy, P. et Brown S., 2005. Guide de mesure et de suivi du carbone dans les Forêts et Prairies Herbeuses. Winrock International. Ecosystem Services Unit 1621 N. Kent St, Suite 1200 Arlington, VA 22209, 39 p.
- Upoki, A., 2001. Etude du peuplement de bulbuls (*Pycnonotidae*, *Passeriformes*) dans la Réserve Forestière de Masako à Kisangani (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Fac. Sc., UNIKIS, 160 p.

ANNEXE

Effectifs des individus de *Celtis mtlabraedii* inventoriés dans la parcelle permanente de Yoko

C08 : circonférence (cm) mesurée en 2008 ; C14 : circonférence (cm) mesurée en 2014 ;
 D08 : diamètre 2008 ; D14 : diamètre 2014 ; ST08 : surface terrière (m²/ha) obtenue en
 2008 ; ST14 : surface terrière obtenue à (m²/ha) 2014 ; BM08 : biomasse (t/ha) produite en
 2008 ; BM14 : biomasse (t/ha) produite en 2014 ; C08 : carbone séquestré (t/ha) en 2008 ;
 C14 : carbone séquestré (t/ha) en 2014 ; AAM : accroissement annuel moyen (cm/an)

Carré	C08	D08	ST08	BM 2008	C08	C2014	D2014	ST 14	BM2014	C14	AAM
1	36,8	11,7	0,0012	0,0070	0,0035	44	14,0	0,0017	0,0113	0,0056	0,38
1	37	11,8	0,0012	0,0071	0,0036	44	14,0	0,0017	0,0113	0,0056	0,37
1	40	12,7	0,0014	0,0087	0,0044	50	15,9	0,0022	0,0158	0,0079	0,53
1	57,7	18,4	0,0029	0,0231	0,0115	65	20,7	0,0037	0,0316	0,0158	0,39
1	36,6	11,7	0,0012	0,0069	0,0035	70	22,3	0,0043	0,0384	0,0192	1,77
1	66,5	21,2	0,0039	0,0336	0,0168	76	24,2	0,0051	0,0476	0,0238	0,50
1	106,2	33,8	0,0100	0,1132	0,0566	118	37,6	0,0123	0,1480	0,0740	0,63
1	169	53,8	0,0253	0,3636	0,1818	180	57,3	0,0287	0,4244	0,2122	0,58
2	70,9	22,6	0,0044	0,0397	0,0199	77	24,5	0,0052	0,0493	0,0246	0,32
2	84	26,8	0,0062	0,0618	0,0309	90	28,7	0,0072	0,0739	0,0369	0,32
2	93	29,6	0,0077	0,0804	0,0402	100	31,8	0,0088	0,0970	0,0485	0,37
2	215	68,5	0,0409	0,6521	0,3261	220	70,1	0,0428	0,6889	0,3445	0,27
2	219	69,7	0,0424	0,6815	0,3407	222	70,7	0,0436	0,7040	0,3520	0,16
3	45,8	14,6	0,0019	0,0125	0,0063	54	17,2	0,0026	0,0194	0,0097	0,44
3	47,4	15,1	0,0020	0,0137	0,0069	54	17,2	0,0026	0,0194	0,0097	0,35
3	56,8	18,1	0,0029	0,0222	0,0111	64	20,4	0,0036	0,0303	0,0152	0,38
3	69	22,0	0,0042	0,0370	0,0185	77	24,5	0,0052	0,0493	0,0246	0,42
3	93,6	29,8	0,0078	0,0818	0,0409	100	31,8	0,0088	0,0970	0,0485	0,34
3	118,6	37,8	0,0124	0,1500	0,0750	125	39,8	0,0138	0,1713	0,0857	0,34
3	142,9	45,5	0,0181	0,2399	0,1199	150	47,8	0,0199	0,2707	0,1354	0,38
3	32,5	10,4	0,0009	0,0050	0,0025	0	0	0	0	0	0
3	200	63,7	0,0354	0,5481	0,2741	207,6	66,1	0,0381	0,5996	0,2998	0,40
3	280	89,2	0,0694	1,2133	0,6067	283,6	90,3	0,0712	1,2496	0,6248	0,19
4	32,5	10,4	0,0009	0,0050	0,0025	39	12,4	0,0013	0,0082	0,0041	0,35
4	33,7	10,7	0,0010	0,0056	0,0028	40	12,7	0,0014	0,0087	0,0044	0,33
4	39,2	12,5	0,0014	0,0083	0,0041	46	14,6	0,0019	0,0127	0,0063	0,36
4	54,6	17,4	0,0026	0,0200	0,0100	63	20,1	0,0035	0,0291	0,0146	0,45
4	57,7	18,4	0,0029	0,0231	0,0115	64	20,4	0,0036	0,0303	0,0152	0,33
4	129,2	41,1	0,0148	0,1862	0,0931	136	43,3	0,0164	0,2119	0,1060	0,36
4	179,5	57,2	0,0285	0,4215	0,2108	202	64,3	0,0361	0,5614	0,2807	1,19
4	258	82,2	0,0589	1,0035	0,5017	261,5	83,3	0,0605	1,0355	0,5177	0,19
4	350	111,5	0,1084	2,0124	1,0062	350	112,0	0,1094	2,0340	1,0170	0,09
5	38,2	12,2	0,0013	0,0077	0,0039	46	14,6	0,0019	0,0127	0,0063	0,41
5	62,9	20,0	0,0035	0,0290	0,0145	70	22,3	0,0043	0,0384	0,0192	0,38
5	76,8	24,5	0,0052	0,0489	0,0245	84	26,8	0,0062	0,0618	0,0309	0,38