

## DEDICACE

A toi Dieu qui accorde la vie et la santé sans prix ;

A mes parents Nsushi Matanga et Shinga Elumbu qui, malgré les maigres moyens se sont dépensés pour faire de nous ce que nous sommes aujourd'hui.

A ma grand-mère Kikangala Kasongo pour son soutien en prière, conseil et des proverbes inoubliables : il ne faut pas dire fontaine, je ne boirai pas ton eau ; les petits ruisseaux font les grandes rivières et qui ne risque rien n'a rien.

## REMERCIEMENTS

L'immensité de l'univers, la multitude des êtres et la complexité de ceux-ci vident notre être de son sens en le comblant d'un vide plein d'êtres. Toujours à la recherche de notre être au regard des autres, nous nous apercevons du « tout » et un « tout » à l'égard du néant.

Si la production d'une œuvre scientifique est l'une des conditions primordiales d'acquisition du titre académique, la reconnaissance envers ceux qui ont contribué à sa réalisation soit-elle signée par un seul, reste à notre avis l'œuvre de plusieurs.

Nous remercions tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué, d'une manière ou d'une autre à l'achèvement de notre formation, particulièrement du présent travail.

Nous remercions sincèrement tous ceux qui ont contribué dans la joie ou le plaisir de nous doter de cette formation par leur sens de sacrifice. Ainsi, nous pensons plus au Professeur Hippolyte Nshimba Seya Wa Malale et au Chef de Travaux Roger Katusi lomalisa, respectivement directeur et encadreur qui, malgré leurs multiples préoccupations, ont accepté de nous orienter. Nos remerciements s'adressent aussi aux corps académiques et scientifiques de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements et nos sentiments de profonde gratitude avec amour et joie à la famille Nsushi Matanga, à ma mère Nshinga Elumba, maman Brigitte Goy, à mes petits frères et sœurs : Joseph Kabongo, Simon Matanga, Jean Claude, Dieudonné Mukonkole, Nsushi, Papy, Mutombo, Claire Kikangala, Alexis Bulay, Adalbert Elumba, July Mbuyu, Ntambo Madi et toute la famille Nkolomoni.

Notre gratitude s'adresse à tous nos amis, camarades et compagnons de lutte, entre autres : John Mbusa, Trésor Yayingo, Patrick Akala, Bushabu, Solange, Patience, Bea, Yalanga, Alberique, Matthieu, Aluma, Onvibo, Kasereka, Kambale et que tous ceux dont leurs noms n'ont pas été cités ici, trouvent le sentiment de notre profonde gratitude.

Timothée Masangu Nsushi

## RESUME

Etude de la dynamique de *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la parcelle permanente du bloc nord de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC).

L'objectif général poursuivi dans le cadre de ce travail est d'évaluer la structure, l'accroissement diamétrique et la quantité de la biomasse produite 5 ans après la première campagne de mensuration effectuée en 2008 et estimer le taux de reconstitution de l'espèce pour un exploitant forestier 25 ans après la première exploitation.

L'inventaire a été faite dans une parcelle permanente de 9 ha installée dans le bloc nord du dispositif permanent de Yoko à l'intérieur de laquelle tous les individus de *Scorodophloeus zenkeri* à  $d_{hp} \geq 10$  cm ont été mesurés à 1,30 m du sol et cette mensuration a été matérialisée par deux bandes peintes en rouge durant la première campagne faite en 2008 et la deuxième campagne faite en 2013, consistant à remesurer les mêmes individus et aux mêmes endroits.

Après 5 ans, le taux de recrutement est de 0 % et celui de mortalité est de 0,65 %, ce qui conduit à une réduction d'effectif de la population passant de 375 à 362 individus.

Les accroissements diamétriques moyens sont de  $0,28 \pm 0,12$  cm/an avec la valeur maximale de 1,08 cm/an et la minimale de 0,10 cm/an.

La surface terrière totale est passée de 7,4548 m<sup>2</sup>/ha en 2008 à 7,7024 m<sup>2</sup>/ha en 2013, soit un accroissement de 0,0495 m<sup>2</sup>/ha/an.

La biomasse totale produite est passée de 123,0214 t/ha en 2008 à 126,2078 t/ha en 2013, soit un gain annuel 0,6373 t/ha. La quantité de carbone séquestré est passée de 61,5107 t/ha en 2008 à 63,1039 t/ha en 2013, soit un gain annuel de 0,3186 t/ha.

Après une rotation de 25 ans, l'espèce se reconstitue à la hauteur de 55,2 % si le taux de prélèvement des tiges exploitables est de 50 % au temps initial.

**Mots clés :** Dynamique, reconstitution, biomasse, *Scorodophloeus zenkeri*, parcelle permanente, bloc nord, Yoko.

## SAMMARY

The dynamic study of *Scorodophloeus zenkeri* of north bloc of forest spare o yoko. The general purspes of this work is to value the structure the dynamic growth and the quality of *Scorodophloeus zenkeri* producted 5 years ago after the first contry-side of measurement made in 228 and to esteen the rate of the reconstrucon of the space for of the ferest 25 year ago after the first exploration.

The stock-taking had been made in *Scorodophloeus zenkeri* installed in persanent divice of yoko in which all of individual had been measured to 1,30m. This measurement had been mate raided by two bands pont at red during the first country-side made at 2008 and tice second country-side made in 2013 . Consisting to measure the same individuals and for the same areas.

After 5years, the rate of the recrutement is 0% and this of death-rate, is 0,65%. This lead of reduction passing of 375 to 362 individuals.

The diametric growthmiddle are  $0,28 \pm 0,12$ Ncm/year with the maximal value of 1,08 cm/year and the minimal of 0,10 cm/year.

The total (biomasse) producted is passed of 123,0214t/ha at 2008to 126,2078t/ha at 2013, swa a profit per year 0,6373t/ha, the quantity of carbon.

## TABLE DE MATIERE

<u>CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE</u> .....	7
<u>1.1. Généralités sur la forêt tropicale</u> .....	7
<u>1.2. Problématique</u> .....	8
<u>1.3. Hypothèses</u> .....	9
<u>1.4. Objectifs</u> .....	9
<u>1.4.1. Objectif général</u> .....	9
<u>1.4.2. Objectifs spécifiques</u> .....	10
<u>1.5. Intérêt</u> .....	10
<u>1.6. La dynamique des peuplements forestiers</u> .....	10
<u>1.6.1 L'accroissement diamétrique</u> .....	11
<u>1.6.2. Croissance en forêt tropical</u> .....	11
<u>1.6.3. Les facteurs explicatifs de la croissance des arbres</u> .....	12
<u>1.6.3.1. Caractéristiques démographiques (Le recrutement et Mortalité)</u> .....	12
<u>1.6.3.2. Recrutement</u> .....	13
<u>1.6.3.3. La Mortalité</u> .....	13
<u>1.6.4. La séquestration de carbone par l'arbre et la forêt.</u> .....	14
<u>1.7. Présentation de l'espèce : Description botanique et technologique</u> .....	15
<u>CHAPITRE II: GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE ET MATERIEL &amp; METHODES</u> .....	18
<u>2.1. Présentation du milieu d'étude</u> .....	18
<u>2.1.1. Situation géographique et administrative</u> .....	18
<u>2.1.2. Cadre phytogéographique</u> .....	19
<u>2.1.3. Facteurs abiotiques</u> .....	19
<u>2.1.3.2. Le sol et le relief</u> .....	20
<u>2.1.3.3. Végétation</u> .....	20
<u>2.1.3.2. Le sol et le relief</u> .....	20
<u>2.1.3.3. Végétation</u> .....	20
<u>2. 2. Matériel et méthodes</u> .....	21
<u>2.2.1. Protocole de prise des données</u> .....	22
<u>2.2.2. Analyse des données</u> .....	22
<u>2.2.2.1. Le taux recrutement</u> .....	22
<u>2.2.2.2. Le taux de mortalité</u> .....	23
<u>2.2.2.3. Taux de prélèvement</u> .....	23
<u>2.2.2.4 Accroissement annuel moyen (<math>\Delta d</math>)</u> .....	23

<a href="#">2.2.2.5. Surface terrière</a> .....	24
<a href="#">2.2.2.6. Biomasse aérienne et équations allométriques</a> .....	24
<a href="#">2.2.2.7. Le calcul du Stock de carbone (C)</a> .....	24
<a href="#">2.2.2.8. Indices de reconstitution</a> .....	24
<a href="#">2.2.3. Traitements statistiques</a> .....	25
<a href="#">CHAPITRE III : RESULTATS</a> .....	26
<a href="#">3.1. Taux de recrutement</a> .....	26
<a href="#">3.2. Taux de mortalité naturelle</a> .....	26
<a href="#">3.3. Accroissement annuel moyen</a> .....	26
<a href="#">3.3.1. Accroissement annuel moyen en fonction des classes de diamètre</a> .....	26
<a href="#">3.3.2. Accroissement annuel moyen en fonction du statut</a> .....	27
<a href="#">3.4. Structure diamétrique</a> .....	28
<a href="#">3.5. Surface terrière</a> .....	28
<a href="#">3.6. Evolution de la biomasse et du stock de carbone</a> .....	29
<a href="#">3.6.1. Production de biomasse et séquestration de carbone en fonction des classes de diamètre</a> .....	30
<a href="#">3.6.2. Quantité de la biomasse produite et du carbone séquestré en fonction des statuts</a> ....	31
<a href="#">3.7. Taux de reconstitution</a> .....	31
<a href="#">CHAPITRE IV : DISCUSSIONS</a> .....	33
<a href="#">4.1. Caractéristique dendrométrique</a> .....	33
<a href="#">4.1.1 Taux de recrutement et mortalité</a> .....	33
<a href="#">4.4.2. Accroissement diamétrique, surface terrière et production de la biomasse</a> .....	33
<a href="#">4.2. Indice de reconstitution</a> .....	35
<a href="#">CONCLUSION ET SEGGESTIONS</a> 37	

# CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

## 1.1. Généralités sur la forêt tropicale

Les forêts constituent les principaux réservoirs mondiaux de diversités génétiques végétales et animales, et leur destruction serait une perte inestimable pour la flore et la faune de la planète (Wilson, 1988). Elles sont également influentes sur le climat en régulant la chute des pluies et en stockant de grandes quantités de carbone, ce qui diminue les risques des réchauffements de la planète.

Par ailleurs les forêts fournissent des richesses unique et inestimables telles que des plantes médicinales qui pourraient s'avérer extrêmement précieuses pour la recherche médicinale, elles réduisent également l'érosion des sols en ralentissant le ruissellement des eaux des pluies et en diminuant les risques d'inondation et l'avancement des réservoirs d'eau (Shand, 1993).

Ainsi, dans la plus part de pays tropicaux, les forêts constituent en effet une source financière très importante (Gomba- Lawal, 1993). et les espèces commerciales font l'objet d'une exploitation systématique intensive depuis plusieurs décennies dans les forêts tropicales africaines et que le commerce des bois tropicaux représente environ 10% de échanges médicaux, soit plus de 6 milliards de dollars par an (Zobi, 2002 cité par Katusi, 2009).

Dans le cadre de l'aménagement d'une formation naturelle, il est indispensable au gestionnaire de posséder des outils lui permettant de connaître le capital ligneux sur pied. Ces outils sont les tarifs de cubage donnant le volume total du peuplement ou les volumes individuels des arbres formant ce peuplement (Louppe et *al.*, 2008). A ce volume, on peut associer des études de biomasse selon des modèles préétablis pour divers types de forêts. Certes, le volume ainsi que la biomasse sont deux termes aussi indispensables dans la connaissance de la dynamique forestière.

En effet, les tarifs de cubage s'ils trouvent un écho important auprès de nombreux forestiers (exploitants forestiers et chercheurs), c'est en raison du fait qu'on peut les relier aux transactions commerciales (Gaudin, 1996 et Rondeux, 1999). Selon les études de la FAO (2000), les informations sur le volume et la biomasse sont importantes à l'issue des inventaires forestiers car elles permettent d'estimer le potentiel économique du matériel ligneux sur pied mais aussi les réserves de carbone.

Elles peuvent être liées à l'évaluation du cycle du carbone et aident aussi le gestionnaire à prendre des décisions vis-à-vis du capital forestier disponible, dans la planification forestière, l'organisation de la filière bois et la vente de superficies forestières aux tierces personnes.

## 1.2. Problématique

La structure de la forêt correspond à l'agencement de ses différents composants. Cet agencement peut être envisagé globalement ou séparément pour les différentes espèces (Chave *et al.*, 2003).

Le manque d'étude approfondie sur la croissance des arbres en forêt tropicale africaine laisse en suspens la compréhension et l'apport des solutions à diverses problématiques telles que l'aménagement forestier durable, la dynamique forestière, l'impact des changements globaux sur la dynamique forestière ou encore le cycle de carbone (Ebuy, 2009).

Le carbone est présent dans notre environnement sous diverses formes et à de nombreux endroits qui constituent autant des stocks de carbone (océans, biomasse, atmosphère, roches) ; l'augmentation annuelle nette de carbone dans l'atmosphère est de l'ordre de plus de 3300 millions de tonnes de carbone. Cette augmentation est essentiellement due au recours systématique aux combustibles fossiles (de l'ordre de 80 %), mais également à la destruction des forêts tropicales et subtropicales (Dfays, 2000 cité par Ebuy, 2009).

Toutes les solutions envisagées aujourd'hui pour la conservation des forêts tropicales humides comme la mise en place de réserves biologiques, l'exploitation forestière durable, la restauration des forêts dégradées ou la création de plantations forestières, nécessitent une protection.

Pour une gestion durable de la ressource en bois, dans le cadre de ces concessions, il faut bien connaître le comportement des espèces exploitables. Une solution est de mettre en place des dispositifs permanents dans lesquels les arbres sont suivis de manière individuelle à l'intervalle de temps régulier. Selon Picard et Gourlet-Fleury, (2008), on trouve principalement deux dispositifs, ceux destinés à l'étude de l'écologie et de la biodiversité des forêts, le plus souvent avec un enjeu de conservation, et ceux destinés à l'étude de la dynamique forestière en vue de préciser le paramètre de l'aménagement forestier avec un enjeu de gestion durable et d'exploitation.

En effet, de par leur complexité, la grande diversité floristique et faute de moyens, il semble aussi difficile et coûteux aux chercheurs d'élaborer des tarifs de cubage (ou de biomasse) pour toutes les espèces. Et même, si l'on peut procéder à l'estimation du volume ligneux sur pied potentiellement aménageable et exploitable, la masse de données à traiter serait énorme alors que les études de volume et de biomasse ne sont qu'un aspect dans les études de dynamique forestière (Nyembo, 2012).

Le choix a été porté sur *Scorodophloeus zenkeri* en raison de son importance économique, son usage local d'une part, sa biologie associative et son abondance à l'échelle du site de travail

### 1.3. Hypothèses

Les hypothèses suivantes ont été formulées :

- La surface terrière occupée par les individus de *Scorodophloeus zenkeri* en 2008 est significativement la même que celle occupée par les mêmes individus en 2013;
- La quantité de la biomasse produite et celle de carbone séquestrée en 2013 est significativement différente de celle produite et séquestrée en 2008 ;
- D'après la législation forestière de RDC fixant le DME (diamètre minimum d'exploitabilité) à 60 cm et pour un exploitant forestier en tenant compte de l'accroissement annuel moyen, l'espèce se reconstitue bien 25 ans après la première exploitation.

### 1.4. Objectifs

#### 1.4.1. Objectif général

L'objectif général poursuivi dans le cadre de ce travail est d'évaluer la structure, l'accroissement diamétrique et la quantité de la biomasse produite 5 ans après la première campagne de mensuration effectuée en 2008 et estimer le taux de reconstitution de l'espèce.

#### 1.4.2. Objectifs spécifiques

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

- Evaluer la surface terrière occupée par les individus *Scorodophloeus zenkeri* 5 ans après la première mensuration effectuée en 2008 dans la parcelle permanente de Yoko ;
- Evaluer la quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestrée cinq ans après la première campagne des mensurations,
- Estimer le taux de reconstitution de l'espèce pour un exploitant forestier 25 ans après la première exploitation.

#### 1.5. Intérêt

Cette étude a un double intérêt, entre autres scientifique et écologique :

- Sur le plan scientifique, elle permet de quantifier la biomasse produite et le carbone séquestré par l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* dans une forêt semi-caducifoliée de la réserve de Yoko ;
- Sur le plan écologique, elle permet de caractériser la structure diamétrique de *Scorodophloeus zenkeri* pour extérioriser sa potentialité en termes de reconstitution et de la dispersion au sein de la dite forêt.

#### 1.6. La dynamique des peuplements forestiers

Lorsque l'on s'intéresse à la modification des structures au cours du temps, on parle de dynamique des peuplements (Ponette, 2011 cité par Amula, 2013).

Les peuplements peuvent être caractérisés de deux manières :

- D'un point de vue *statique* en considérant le matériel sur pied présent à un moment donné; et
- D'un point de vue *dynamique* en s'intéressant à la variation du matériel sur pied à une période donnée.

Dans un sens restreint, la variation du matériel sur pied dans un intervalle de temps donné concerne des grandeurs cumulatives caractérisant soit la démographie (nombre d'individus) ou la production (*par Exemple* ; matière sèche, volume, surface terrière). La variation des effectifs résulte d'un bilan entre entrées et sorties (Begon *et al.*, 1996).

Si l'on s'intéresse à la production, la variation de matière résulte de trois facteurs principaux : recrutement (croissance de ce recru), mortalité et accroissement du matériel sur pied présent aux deux périodes.

### *1.6.1 L'accroissement diamétrique*

La croissance est étudiée par le biais de l'accroissement en taille des individus (Menga, 2011). L'accroissement peut être de plusieurs natures (Rondeux, 1999 cité par Doucet, 2007), notamment :

- L'accroissement moyen périodique : accroissement moyen annuel durant une période de temps déterminée ;
- accroissement annuel ou courant annuel : accroissement qui se produit dans le courant d'une année,
- L'accroissement total ; accroissement depuis l'origine (temps 0) jusqu'à un âge donné;
- L'accroissement moyen annuel ; accroissement total divisé par âge.
- Une estimation des accroissements peut être faite à partir des différentes données des dispositifs d'études sylvicoles ou bien à partir des résultats d'analyse des cernes, pour les arbres possédant les cernes visibles.

### *1.6.2. Croissance en forêt tropical*

Les caractéristiques de la croissance d'un individu varient au cours de l'ontogénèse (Oldeman and Van Dijk, 1991), notamment en fonction des variations de stature et de statut dans le peuplement. L'appartenance spécifique interagit également avec ces variations : une espèce peut-être « à croissance rapide » (ou plus rapide que d'autres espèces données) à certains stades de développement et « à croissance lente » (ou plus lente que d'autres espèces données) à d'autres stades ; elle peut plus ou moins s'accommoder de situation.

En général, la circonférence du tronc, mesurée à 1,3 m (gbh : girth at breast height) ou au dessus des contreforts, est la seule grandeur facilement accessible pour des mesures à la fois suffisamment précises et répétées sur des dispositifs permanents, et joue donc un rôle fondamental en dendrométrie (Oldeman and Van Dijk, 1991).

La caractérisation de la croissance est indispensable à la modélisation de la dynamique forestière, aussi bien dans un but de compréhension des processus fondamentaux de la structure et de la dynamique des peuplements forestiers ; que dans un but de prédiction

de l'évolution des forêts tropicales dans un contexte climatique en plein changement. La méthode la plus couramment employée pour déterminer la croissance au niveau d'un peuplement ou au niveau spécifique est le suivi de dispositifs d'étude permanents (Sheil, 1995). La multiplication de ces dispositifs et leur suivi sur des périodes de plus en plus longues permettent progressivement d'avoir accès à des bases de données importantes (Condit et al., 2006, Phillips et al., 1994).

### 1.6.3. Les facteurs explicatifs de la croissance des arbres

La lumière est souvent considérée comme le principal facteur limitant la croissance et la survie des espèces de forêts tropicales humides. Or, sa distribution varie fortement spatialement et temporellement en forêt, en fonction de la structure de la forêt (Turner, 2001). D'une part, l'accès à la lumière est stratifié verticalement : les arbres de la canopée captent la majeure partie de la lumière, si bien que la luminosité peut passer de 100% au-dessus de la canopée (50 m) à 5% sous la canopée (20 m), et 1% au sol (Falster and Westoby, 2005). D'autre part, la présence de trouées de plus ou moins grande taille modifie localement cette stratification verticale de la lumière.

La caractérisation de la lumière disponible pour un individu donné n'est pas aisée en forêt, surtout pour les arbres adultes, même si plusieurs méthodes de caractérisation existent (Capers and Chazdon, 2004). L'effet significatif de la quantité de lumière disponible sur la croissance des arbres en forêt tropicale humide a été démontré dans de nombreuses études.

Au sein d'un peuplement hétérogène, des différences de croissance sont observées entre les espèces qui composent le peuplement (Vincent et al., 2002, Yamada et al., 2005). Le tempérament d'une espèce (pionnière, non pionnière, héliophile, tolérante à l'ombre...) est très lié à sa croissance (Poorter and Arets, 2003)

#### 1.6.3.1. Caractéristiques démographiques (Le recrutement et Mortalité)

Les mécanismes impliqués dans la dynamique forestière sont variés (perturbations à grande échelle, chablis, ...) et interviennent à des pas de temps et des échelles d'espace très différentes (Pascal, 1995). Les perturbations sont des événements plus ou moins ponctuels, d'origines naturelle ou anthropique, qui altèrent les écosystèmes (composition, structure et fonction). Elles constituent à ce titre l'un des moteurs essentiels de la dynamique des écosystèmes forestiers.

La compréhension des mécanismes de restauration et de recolonisation du milieu par les organismes implique une connaissance du fonctionnement de l'écosystème, tant pour comprendre sa prédisposition aux perturbations que les processus qui accompagnent la restauration (Ponette, 2011 cité par Amula, 2012).

#### 1.6.3.2. Recrutement

Le recrutement est par conséquent, 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 recrutement donne une image du renouvellement des effectifs. C'est une variable importante pour comprendre la dynamique à long terme de la population.

Les valeurs du recrutement peuvent être quantifiées à partir d'unité d'échantillonnage et par période de temps, en effectif, en surface terrière et en volume par espèce, ou groupe d'espèces ou toutes espèces confondues (Favrichon et *al*, 1998). Dans les forêts tropicales, Kariuki et *al*, (2006), notent que le nombre d'arbres recrutés dépend de l'espèce et de la densité des arbres de grand diamètre ( $\geq 40$  cm).

La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre selon une courbe généralement en cloche dont la maxime passe par les classes de 40 à 60 cm. Les arbres de cette taille ont atteint la voûte et privilégient alors la croissance en diamètre, les plus petits privilégient la recherche de la lumière, donc la croissance en hauteur et les plus vieux sont entrés dans une phase de sénescence et voient leur performance diminuer (Frontier et Pichod-Vial, 1993).

#### 1.6.3.3. La Mortalité

En ce qui concerne la mortalité, la détection des individus morts n'est pas du tout aisée. Elle exige une observation fine de chaque individu et notamment de son houppier et de son tronc. Certains individus morts peuvent échapper à la vigilance des opérateurs de terrain ou inversement, un individu noté mort peut finalement ne pas l'être.

La mort d'un arbre peut appartenir à l'une de trois catégories : mort sur pied, chablis primaire, et chablis secondaire (arbre dont la chute a été causé par celle d'un chablis primaire). La mortalité par chablis peut également prêter à confusion, notamment lors de la détermination du type de chablis (Morneau, 2007).

Le chablis primaire est l'arbre qui tombe en premier et en entraîne un certain nombre d'autres, les chablis secondaires. Dans un enchevêtrement de troncs à terre il n'est pas toujours aisé d'identifier celui qui est tombé en premier et qui a entraîné les autres (Boyemba, 2011).

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

Les forêts sont des réservoirs importants de carbone, par leur biomasse et nécromasse, et via leur 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).

Deux méthodes de calcul peuvent être employées pour évaluer la séquestration de carbone dans la biomasse des forêts. D'une part, en estimant le stock de carbone dans ces forêts à différentes dates, on peut calculer le flux par différence entre ces stocks. D'autre part, en calculant directement la différence entre les flux entrant (accroissement en volume) et sortant (récolte de bois, mortalité) des forêts (Dupouey, 2009). La première méthode est aujourd'hui la plus fiable, car l'évaluation des stocks est techniquement plus simple, et en conséquence plus précise que celle des flux entrant et sortant. Elle repose sur l'utilisation de données homogènes, alors que la seconde nécessite de faire appel à des sources diverses en matière de définitions, de modes de collecte de données (Dupouey, 2009).

Les stocks de carbone sont estimés à partir de la biomasse des arbres, c'est-à-dire de leur masse sèche en matière organique. Obtenir cette biomasse nécessite donc dans l'absolu de peser l'ensemble des éléments constitutifs d'un arbre. Ces mesures deviennent difficiles voire impossibles à l'échelle d'une forêt (Sola et *al.*, 2012). Pour les racines, le travail de mesure est encore plus fastidieux et bien souvent des facteurs multiplicatifs sont appliqués directement à la biomasse aérienne pour éviter les mesures.

Une autre 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 (Sola et *al.*, 2012).

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 de (Sola et *al.*, op. cit.).

Certaines techniques permettent aujourd'hui d'estimer la biomasse aérienne des forêts et donc les stocks de carbone forestier, sur base d'images satellitaires de haute résolution. Cependant, les estimations les plus précises des stocks de carbone forestier sont obtenues par les inventaires forestiers, tandis que le monitoring des changements des stocks de carbone passe par l'établissement des parcelles permanentes dans lesquelles les arbres sont mesurés à intervalle régulier. Les mesures de terrain présentent donc des avantages que les techniques de télédétection ne peuvent encore offrir à ce jour (Makana, 2010 ; Brady et *al.*, 2010).

Et pourtant, en ce qui concerne le suivi des stocks de carbone forestier en Afrique Centrale, à l'exception de certains pays comme le Gabon et le Cameroun qui possèdent des réseaux importants de parcelles permanentes, la République Démocratique du Congo, la République Congo et la République Centrafricaine ont jusqu'à ce jours très peu de parcelles permanentes et cela en dépit des recommandations faites en 2010 par le COMIFAC, sur l'extension du réseau des parcelles permanentes à tous les types forestiers majeurs du bassin du Congo (Makana, 2010) ; Timothy et Brown, (2005) ; ont établi un guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses.

### **1.7. Présentation de l'espèce : Description botanique et technologique**

Dans ce paragraphe, il s'agit de donner en détails le nom scientifique, la position systématique, nom pilote (ou noms vernaculaires), quelques caractères distinctifs (végétatifs

et anatomiques) pour l'espèce ainsi que leurs usages ou emplois (Vivien *et al.*, 1985; Tailfer, 1989 ; Lejoly *et al.*, 1998 ; Wilks *et al.*, 2000, Richter *et al.* 2000)

#### **a. Dénominations botaniques et commerciales**

Le nom spécifique est *Scorodophloeus Zenkeri Harms.*

Le nom pilote est Divida. En milieu paysan on parle de Bofili (RD Congo).

#### **b. Aire de répartition en Afrique tropicale et habitat**

C'est une espèce d'Afrique tropicale, son aire de distribution va du Cameroun, Congo-Brazza, Gabon au Zaïre (RDC). C'est un arbre des forêts dense semi-décidue, très abondant par endroit et hémi-héliophile.

#### **Description de l'espèce**

C'est un grand arbre à feuillage sempervirent pouvant atteindre 30 m de haut. Sa cime est hémisphérique et claire. Le fût est plus ou moins droit cylindrique, base cannelée; il peut atteindre 15 m de haut et 90 cm de diamètre. La base est légèrement épaissie. L'écorce est gris jaune (1 cm) lisse dans le jeune âge puis écailleuse ; tranche cassante jaune à odeur d'ail, d'où son nom « d'arbre d'ail ». Le bois du duramen est jaune orange, mi-dur et mi-lourd. L'aubier est peu différencié, blanc assez épais.

Les feuilles sont alternes imparipennées (parfois paripennées) composées de 10 à 20 folioles sub-sessiles, alternes parfois opposées. Le limbe est oblong à sub-rectangulaire, il mesure de 1 cm sur 0,5 à 2 cm, arrondi, obtus ou aigu au sommet, tronqué-cunéiforme et très asymétrique à la base, inséré par un angle sur rachis canaliculé et très légèrement ailé.

Les fruits sont des gousses plates, lisses, mesurant de 7,5 à 13 sur 3-5 cm, terminées par une pointe, à un bord légèrement épaissi. La gousse renferme 1-2 graines brunes, luisantes.

#### **c. Propriétés physiques et mécaniques**

Sa densité varie de 0,68 à 0,95 (Vivien et Faure 1985 ; Reyes *et al.*, 2000). Par conséquent le Divida est qualifié de mi-lourd. La variabilité de la densité impliquerait celle de

caractéristiques mécaniques et technologiques. Par ailleurs on qualifie le *Scorodophloeus zenkeri* d'un bois dur, assez élastique et nerveux.

#### **d. Utilisations**

Le bois peut être utilisé après sciage pour les charpentes, il est plus utilisé en construction comme bois de coffrage. Les feuilles et les écorces, du fait de leur odeur d'ail sont traditionnellement employées comme condiment et dans la phytothérapie en milieu forestier. Le bois et les graines servent de condiments alliés. L'infusion de l'écorce se boit pour combattre la constipation, contre le rhume ou la toux en ajoutant le piment et de aubergines amères. L'écorce s'emploie aussi en fumigation contre le rhumatisme ou bien on en fait une poudre que l'on prend pour calmer les maux de tête et employée aussi pour préparer le moamba, condiment remplaçant les oignons, faire une tisane au goût.

## **CHAPITRE II: GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE ET MATERIEL & METHODES**

### **2.1. Présentation du milieu d'étude**

L'étude a été conduite dans la réserve forestière de Yoko à environ 32 kilomètres de la ville de Kisangani sur l'axe routier Kisangani-Ubundu précisément dans les 400 hectares du dispositif permanent mis en place dans le cadre du projet REAFOR (Picard et Gourlet-Fleury, 2008)

#### **2.1.1. Situation géographique et administrative**

La réserve forestière de Yoko est située dans le district de la Tshopo, dans le territoire d'Ubundu et la collectivité des Bakumu-Mangongo. Elle s'étale sur l'axe routier Kisangani- Ubundu aux points kilométriques 21 à 38.

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 demi-boucle en suivant cette direction, à l'ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle se prolonge des points kilométriques 21 à 38 (Lomba et Ndjele, 1998).

Elle est régie par l'ordonnance loi n° 52/104 du 28/02/1959 du Ministère de l'Environnement et Tourisme (Rapport provincial de l'Environnement, 1989 cité par Lomba et Ndjele, 1998).

La réserve forestière de Yoko 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 dans le but de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance-loi n° 78- 190 du 5 mai 1988.

La figure 2.1 illustre la localisation de la réserve forestière de Yoko par rapport à la ville de Kisangani en RD Congo.

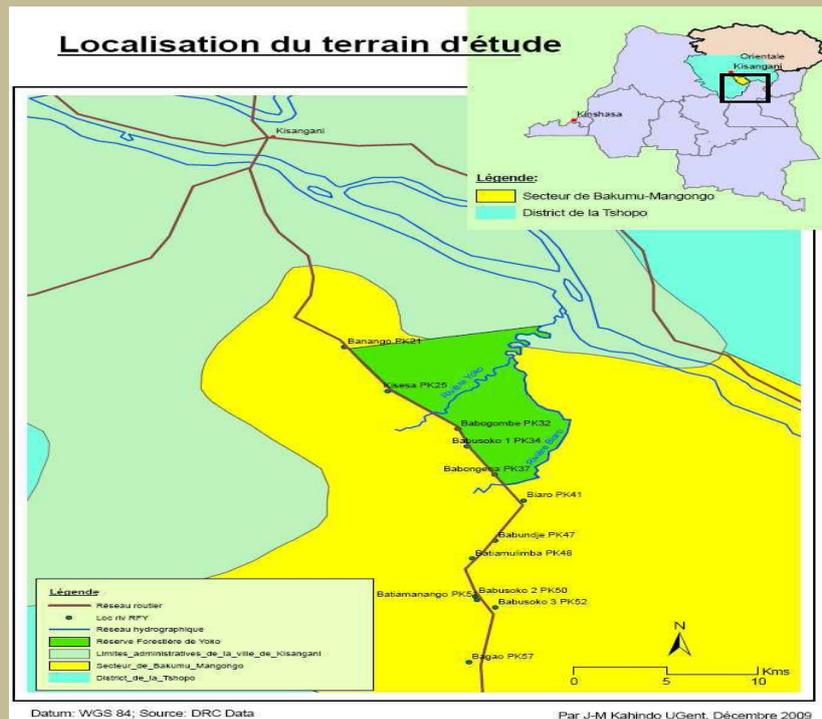


Figure 2.1 : Carte de localisation de la réserve forestière de Yoko, ou la rivière Yoko (Kahindo, 2011).

### 2.1.2. Cadre phytogéographique

Du point de vue phytogéographique, la réserve de Yoko est située dans la région Guinéo-congolaise, dans le secteur forestier central, et dans le District Centro-oriental de la Maïko est dans le domaine congolais (Ndjele, 1988).

### 2.1.3. Facteurs abiotiques

#### 2.1.3.1. Le climat

En tenant compte des irrégularités dans le prélèvement des données climatiques de la réserve et suivant sa situation à la périphérie de Kisangani, la réserve a un climat équatorial chaud et humide du type Af selon la classification de Köppen. C'est un climat caractéristique des forêts ombrophiles où il pleut toute l'année. Les moyennes annuelles des pluies sont de l'ordre de 1700 mm et la température journalière est de 25°C (Boyemba, 2006). Cependant la réserve forestière de Yoko présente quelques petites variations microclimatiques dues à une couverture végétale plus importante et au réseau hydrographique très dense.

Les moyennes annuelles des températures, de l'humidité de l'air et de précipitations mensuelles proviennent de la division provinciale de la météorologie ainsi que

de la station météorologique de l'aéroport de Kisangani prélevées pour la période allant de 1987 et 1996 (Nshimba, 2008) (Figure 2.2)

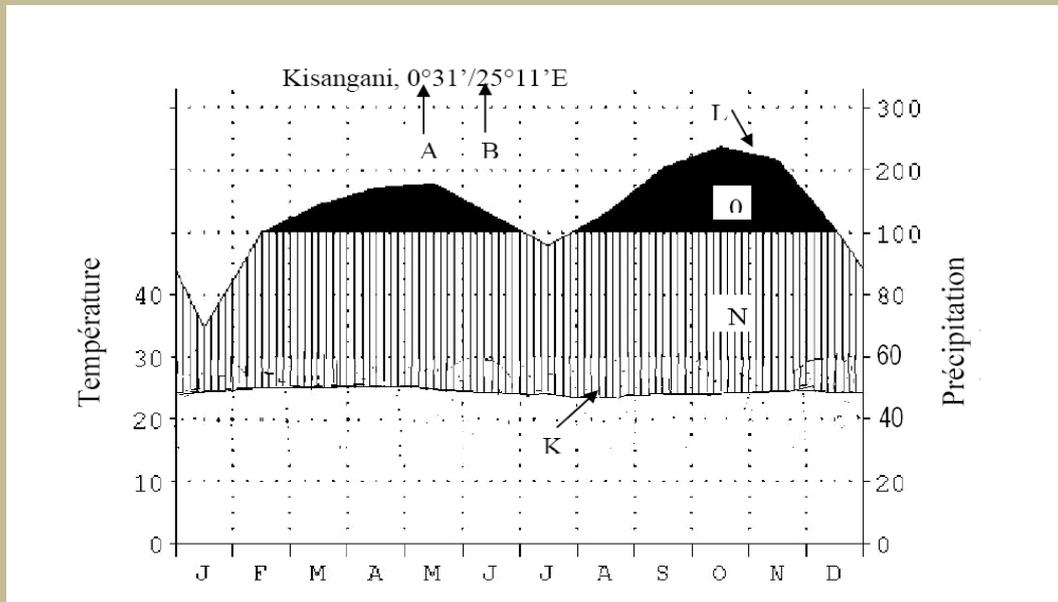


Figure 2.2 : Diagramme Ombrothermique de Kisangani (source : Nshimba, 2008)

**Légende :** (A) Latitude Nord ; (B) Longitude Est ; (D) Précipitations ; (K) Courbe de températures moyennes annuelles (Une division de l'axe =10°C) ; (L) Courbe de précipitations moyennes mensuelles (une division de l'axe = 20 mm et 10°C = 20 mm) ; (N) Les lignes verticales correspondant à une saison relativement humide ; (O) Précipitations moyennes mensuelles > à 100 mm (A ce niveau, l'échelle de l'axe doit être réduite au 1/10) .

### 2.1.3.2. Le sol et le relief

La réserve forestière de Yoko présentant les mêmes caractéristiques reconnues au sol de la cuvette centrale congolaise, le sol est rouge, ocre et ferrallitique caractéristique de la forêt tropicale et la topographie est généralement plate (Katusi, 2009).

### 2.1.3.3. Végétation

Dans le cadre phytosociologique, la partie sud de la réserve appartient au type des forêts mésophiles semi-caducifoliées à *Scorodophloeus zenkeri*, à l'ordre des *Piptadenio-Celtidetalia* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (Lebrun et Gilbert, 1954) (Lomba, 2007)

## 2. 2. Matériel et méthodes

La zone d'étude dans laquelle s'est réalisée la récolte de données est la parcelle permanente de 9 ha du bloc nord du dispositif permanent de 400 ha à Yoko.

Le dispositif comporte deux blocs rectangulaires de 200 ha chacun (soit 400 ha au total). Les deux blocs sont contigus et dénommés « bloc nord » et « bloc sud ». Le bloc nord a une orientation nord-sud tandis que le bloc sud a une orientation est-ouest. Le système des coordonnées spatiales adoptés utilise un axe x qui correspond à la longitude et un axe y qui correspond à la latitude.

Dans un référentiel basé sur le coin inférieur gauche du bloc, le bloc nord a des valeurs de x allant de 0 à 1000 m et des valeurs de y allant de 0 à 2000 m tandis que le bloc sud a des valeurs de x allant de 0 à 2000 m et des valeurs de y allant de 0 à 1000 m. Chaque bloc est ainsi divisé en 200 parcelles de 200 m x 50 m (soit 1 ha). Celles-ci sont toujours orientées nord-sud (en forme de rectangle). Les coordonnées GPS de ce dispositif sont  $0^{\circ}17.679'N$ ,  $25^{\circ}18.751'E$  pour son coin sud-ouest et  $0^{\circ}17.845'N$ ,  $25^{\circ}18.909'E$  pour son coin nord-est (Figure 2.3)

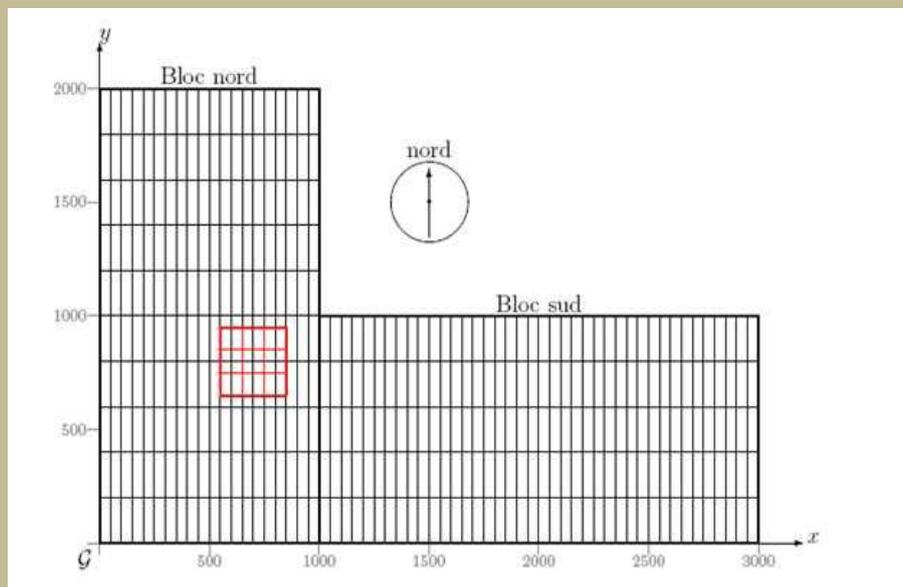


Figure 2.3: Schéma de la zone d'étude avec les layons existants et la position de la parcelle permanente de 9 ha du bloc nord (en rouge) (Picard-Gourlet-Fleury, 2008)

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 d'est-ouest suivant l'axe x et nord-sud suivant l'axe d'y (Figure 2.4)

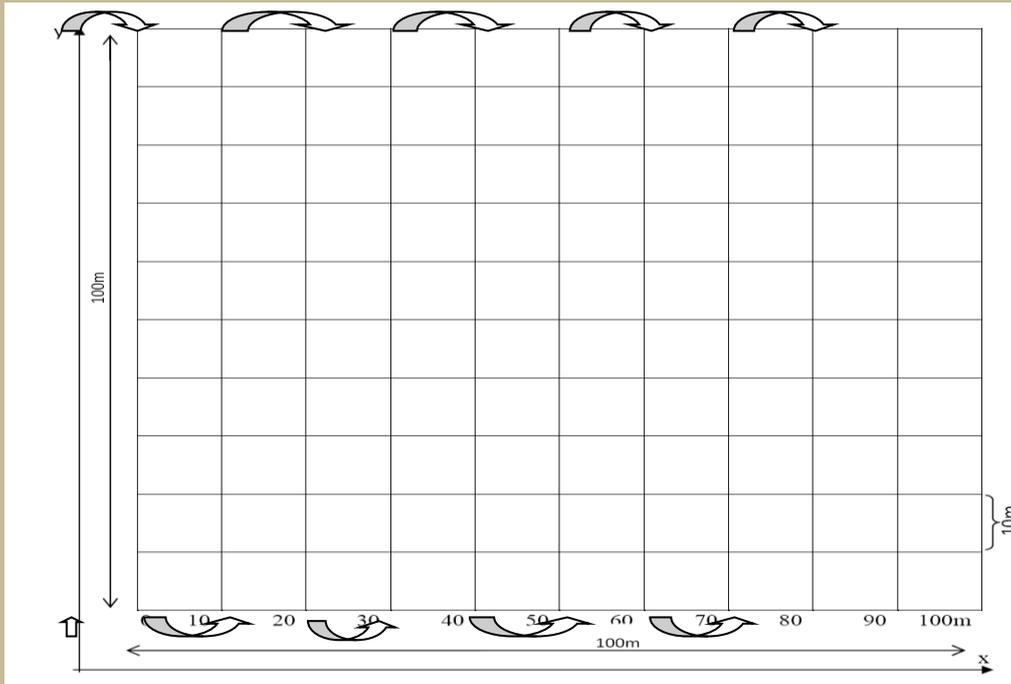


Figure 2.4: Parcelle de 1 ha subdivisé en 100 placettes de 10 m x 10 m.

### 2.2.1. 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 à la seconde campagne faite en 2013, consistait à remesurer la circonférence au même endroit et à la même hauteur. Les tiges non retrouvées ont été considérées comme mortes.

### 2.2.2. Analyse des données

#### 2.2.2.1. Le taux recrutement

Le recrutement est le passage d'un individu non recensé lors de la campagne d'inventaire précédente, vers le diamètre de pré-comptage ( $d_c$ ) 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  $t_1$  dont le diamètre est supérieur à celui de recrutement ( $d_c$ ), (Bedel & *al.*, 1998). 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  $\Delta t = t_2 - t_1$

#### 2.2.2.2. 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. Il se calcul par la formule ci-après (Bedel & al., 1998; Durrieu de Madron & al.,1998) :

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

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.

#### 2.2.2.3. Taux de prélèvement

Le taux de prélèvement est le rapport entre la somme des arbres exploités sur le total des arbres initialement présents avant l'exploitation.

Taux de prélèvement (%)

$$= 100 \times \frac{\text{Arbres exploités}}{\text{Total des arbres à dhp} \geq 60 \text{ cm avant exploitation}}$$

#### 2.2.2.4 Accroissement annuel moyen ( $\Delta d$ )

Les circonférences mesurées en 2008 et 2013 sont utilisées pour le calcul des accroissements. Le dbh (diameter at breast height, diamètre à 1,30 m) est calculé à partir de la circonférence. Ainsi, 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 & al., 1998).

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

- où d = diamètre à la hauteur de poitrine
- t = année

Avec  $t_1$  et  $t_2$  respectivement l'année initiale et l'année finale de prise des mesures.

En surface terrière, l'accroissement 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).

Dans les deux cas, ces accroissements sont représentés par la moyenne et l'écart type des accroissements calculés par classe de diamètre et/ou par statut social.

#### 2.2.2.5. 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, le mètre-carré par ha (m<sup>2</sup>/ha) et calculée par la formule suivante :

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

#### 2.2.2.6. Biomasse aérienne et équations allométriques

Elle correspond à la masse de matière végétale ligneuse sèche par unité de surface. La biomasse aérienne totale en bois se répartit en biomasse aérienne du tronc et biomasse aérienne du houppier (branches). L'estimation de la biomasse aérienne des arbres s'est faite à partir des équations allométriques en intégrant les paramètres dendrométriques issues de l'inventaire forestier comme indiqué :

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

**Où d** : densité de l'arbre et **DHP**: Diamètre à la hauteur de la poitrine. En ce qui concerne l'espèce *Scorodophloeus zenkeri*, sa densité (d) est égale à 0,678 g/cm<sup>3</sup> (Louppe et al., 2008)

#### 2.2.2.7. 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. (Brown and Timothy, 2005)

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

#### 2.2.2.8. 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. Ils constituent 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.

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.

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 :

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

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;  $\sigma$  = taux de mortalité annuelle;  $\alpha$  = taux de dégâts dû à l'exploitation (10%) ; et t = temps de passage, soit 25 ans.

### *2.2.3. Traitements statistiques*

Les données ont été saisies sur le Microsoft Excel et ce dernier, nous a permis d'établir les histogrammes ainsi que les différents tableaux et 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 2013), d'ANOVA pour comparer la biomasse produite et le carbone séquestré en fonction du statut des arbres (dominant, co-dominant et dominés), non paramétriques de Kruskal-Wallis pour comparer les accroissement diamétriques en fonction des classes de diamètre et de Khi-carré ( $\chi^2$ ) pour comparer la structure diamétrique entre les deux années (2008 et 2013).

## CHAPITRE III : RESULTATS.

Au total, 375 individus de *Scorodophloeus zenkeri* ont été mesurés pendant la campagne de 2008 tandis qu'en 2013, 362 individus seulement ont été mesurés.

### 3.1. Taux de recrutement

Le tableau 3.1 montre qu'après 5 ans, aucun individu n'a été recruté pour l'espèce *Scorodophloeus zenkeri*, soit un taux de recrutement de 0%.

Tableau 3.1 : Taux de recrutement des individus de *Scorodophloeus zenkeri*

Espèce	Effectif initial	Recruté (5ans)	T R (%)
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	375	0	0

### 3.2. Taux de mortalité naturelle

Le tableau 3.2 montre qu'après 5 ans, 13 individus de *Scorodophloeus zenkeri* sont morts sur un total de 375 individus initialement inventoriés en 2008, soit un taux de mortalité naturelle de 0,65%

Tableau 3.2 : Taux de mortalité naturelle des individus de *Scorodophloeus zenkeri*

Espèce	Effectif initial	Morts (5ans)	Taux de mortalité naturelle (%)
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	375	13	0,65

### 3.3. Accroissement annuel moyen

Le tableau 3.3 montre que, les accroissements annuels moyens (AAM) des individus de *Scorodophloeus zenkeri* est de  $0,28 \pm 0,12$  cm/an avec un maximum de 1,08 cm/an et un minimum de 0,10 cm/an.

Tableau 3.3 : Accroissement annuel moyen des individus de *Scorophloeus zenkeri*

Espèce	AAM (cm/an)	Maximum	Minimum
<i>Scorodophleous zenkeri</i>	$0,28 \pm 0,12$	1,08	0,10

#### 3.3.1. Accroissement annuel moyen en fonction des classes de diamètre

La figure 3.1 montre que, la classe allant de [90-100[cm présente un accroissement annuel moyen le plus élevé de l'ordre de 0,46 cm/an suivie de celle de [10-20[cm avec 0,36 cm/an et la moins élevée est celle de la classe de [70-80[cm avec 0,10 cm/an.

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 de différence hautement significative ( $\chi^2 = 172,6$  ; dl = 9 et p-value < 2.2e-16)

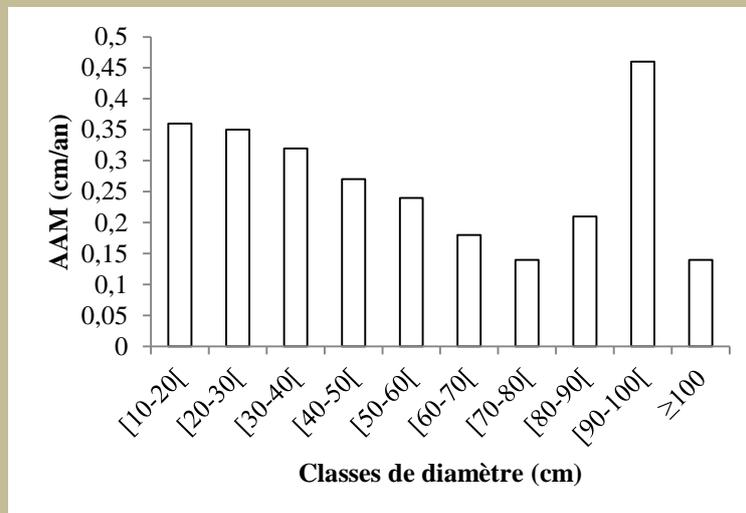


Figure 3.1 : Accroissements annuels moyens en fonction des classes de diamètre

### 3.3.2. Accroissement annuel moyen en fonction du statut

Le tableau 3.4 montre que, les accroissements annuels moyens élevés sont observés chez les dominants avec  $0,36 \pm 0,31$  cm/an, suivis des co-dominants avec  $0,33 \pm 0,09$  cm/an et enfin, les dominés avec  $0,24 \pm 0,110$  cm/an. En utilisant le test de Kruskal-Wallis pour comparer les accroissemnts annuels moyens en fonction du statut, on constate qu'il y a une différence hautement significative ( $\chi^2 = 51,4$ ; dl = 2 et p-value = 6.783e-12 < 0,01).

Tableau 3.4 : Accroissements annuels moyens en fonction du statut

Statut	Accroissement annuel moyen (cm/an)			
	Moyenne	Ecart-type	Maximum	Minimum
Dominés	0,24	0,10	0,51	0,10
Co-domonants	0,33	0,09	0,56	0,10
Dominants	0,36	0,31	1,08	0,13

### 3.4. Structure diamétrique

Figure 3.2 montre que, la structure diamétrique pour l'année 2008 présente une courbe en « S » étiré avec une première bosse dans la classe de [30-40[cm, puis une deuxième bosse au niveau de la classe allant de [60-70[cm tandis qu'en 2013, elle est en « cloche » de la classe allant de [10-20[cm jusqu' à celle de [50-60[ cm avec un premier pic au niveau de la classe de [30-40[cm puis un deuxième pic au niveau de la classe allant de [60-70[cm et décroît par la suite. Pour répondre aux exigences du test de Khi carré, les deux structures ont été regroupées en 9 classes de diamètre, c'est-à-dire à celles à dhp  $\geq 90$  cm. En utilisant ce test pour comparer les deux structures diamétriques, on constate qu'il n'y a pas de différence significative ( $\chi^2 = 3,6$  ; dl = 8 et p-value = 0,89 > 0,05)

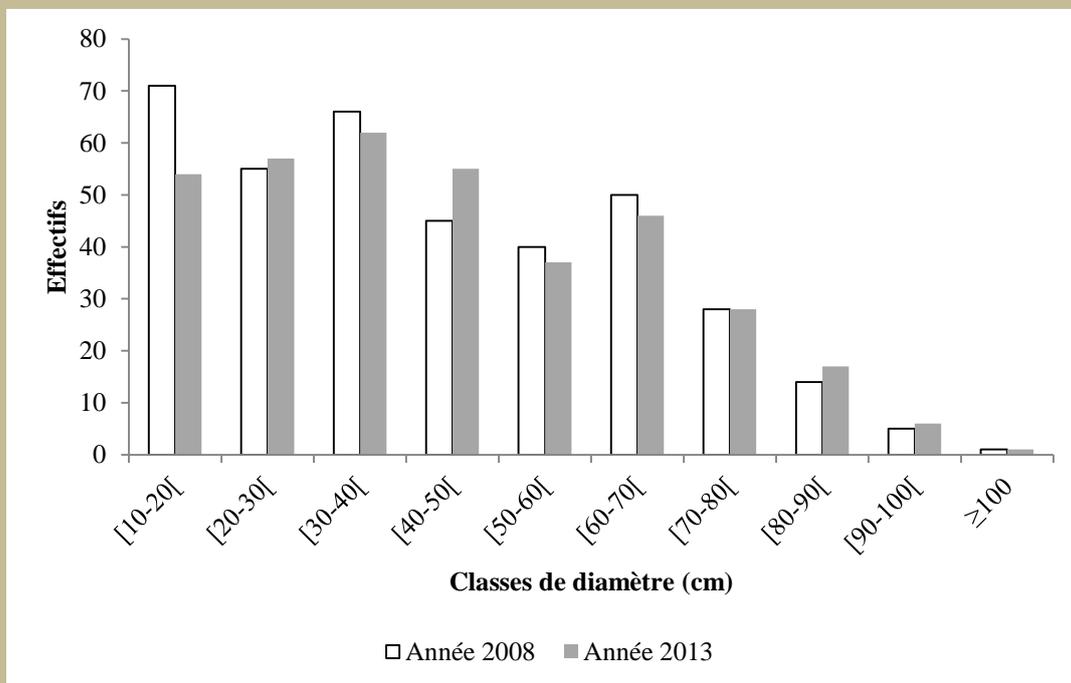


Figure 3.2 : Structure diamétrique des individus de *Scorodophloeus zenkeri* entre 2008 et 2013

### 3.5. Surface terrière

La surface terrière totale était de 7,4548 m<sup>2</sup>/ha (0,7455 m<sup>2</sup>/ha  $\pm$  0,5444 m<sup>2</sup>/ha) en 2008 tandis qu'elle est de 7,7024 m<sup>2</sup>/ha (0,7702  $\pm$  0,5265 m<sup>2</sup>/ha) en 2013.

La figure 3.3 montre que, 50 % des individus de différentes classes de diamètre ont des surfaces terrières comprises entre 0,3 à 1,1 m<sup>2</sup>/ha pour l'année 2008 tandis qu'elles sont de 0,3 à 1,1 m<sup>2</sup>/ha pour l'année 2013. En utilisant le test de t-Student pour comparer la surface terrière de deux années, on constate qu'il y a de différence significative (t = 61,2; dl = 1 et p-value = 0,01 < 0,05).

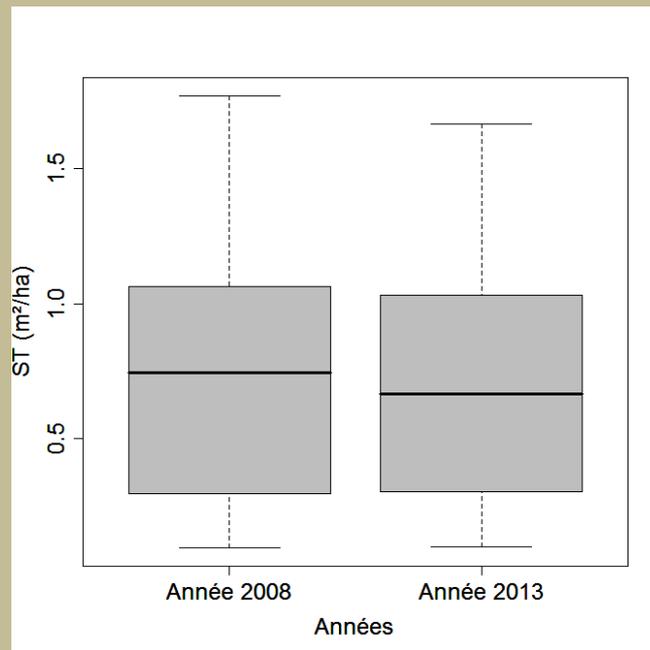


Figure 3.3 : Dispersion des valeurs des surfaces terrières de l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* pour les années 2008 et 2013. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne ; la barre basse indique la surface terrière minimale, la barre haute indique la surface terrière maximale

### 3.6. Evolution de la biomasse et du stock de carbone

Le tableau 4.5 montre que, la biomasse totale produite en 2008 était de 123,0214 t/ha ( $12,3021 \pm 9,8901$  t/ha) tandis qu'en 2013, elle est de l'ordre de 126,2078 t/ha ( $12,6208 \pm 9,5135$  t/ha), soit un gain annuel de l'ordre de 0,6373 t/ha par rapport en 2008. La quantité de carbone séquestrée en 2008 était 61,5107 t/ha ( $6,1511 \pm 4,9451$  t/ha) tandis qu'en 2013 est de 63,1039 t/ha ( $6,3104 \pm 4,7567$  t/ha), soit un gain annuel de l'ordre de 0,3186 t/ha. En utilisant le test de t-Student pour comparer la biomasse et la quantité de carbone séquestré entre l'année 2008 et 2013, on constate qu'il y a une différence significative ( $t = 3,5$  ;  $dl = 1$  et  $p\text{-value} = 0,018 < 0,05$ ).

Tableau 4.5 : Evolution de la biomasse et séquestration de carbone entre 2008 et 2013

Année	Biomasse (t/ha)	$\Delta$ Biomasse (t/ha)	Carbone (t/ha)	$\Delta$ Carbone (t/ha)
2008	123,0214	$12,3021 \pm 9,8901$	61,5107	$6,1511 \pm 4,9451$
2013	126,2078	$12,6208 \pm 9,5135$	63,1039	$6,3104 \pm 4,7567$
<b>Gain annuel</b>	0,6373		0,3186	

### 3.6.1. Production de biomasse et séquestration de carbone en fonction des classes de diamètre

La figure 3.4 montre que, pour les deux années, la classe de [60-70[cm produit et séquestre plus la biomasse et le carbone suivie de celle de [70-80[cm tandis que celle de [10-20[cm produit et séquestre moins successivement la biomasse et le carbone. En utilisant le test de Kruskal-Wallis pour comparer la production et la séquestration de la biomasse et du carbone en fonction des classes de diamètre, on constate qu'il y a une différence très hautement significativement ( $\chi^2 = 354,8$ ;  $dl= 9$  et  $p\text{-value} < 2.2e-16$ )

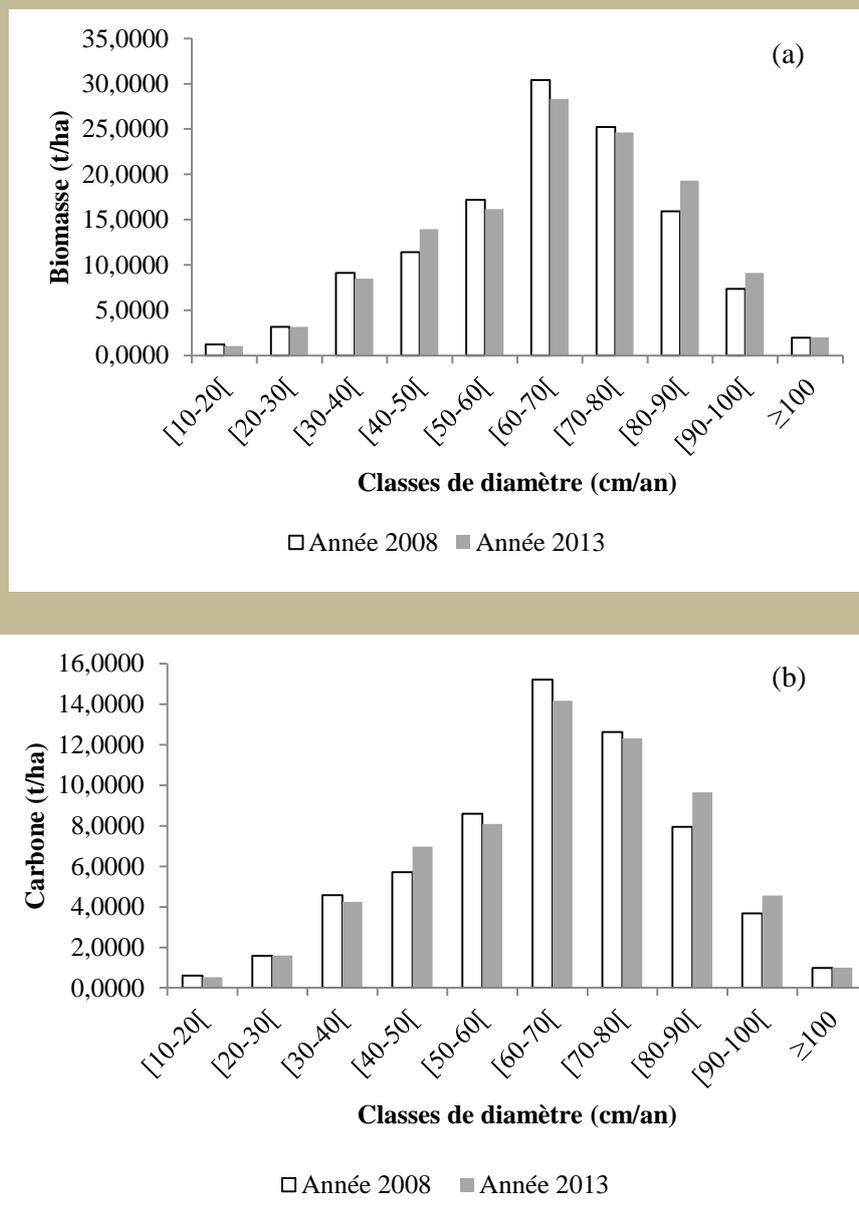


Figure 3.5 : Production de la biomasse et séquestration de carbone en fonction des classes de diamètre [(a) : production de la biomasse et (b) : séquestration du carbone].

### 3.6.2. Quantité de la biomasse produite et du carbone séquestré en fonction des statuts

Le tableau 3.6 montre que, pour les deux années, les dominants produisent et séquestrent plus la biomasse et le carbone tandis les Co-dominants et les dominés produisent et séquestrent moins la biomasse et le carbone. En utilisant le test d'ANOVA pour comparer la quantité de biomasse produite et celle du carbone séquestrée en fonction du statut, on constate qu'il y a une différence hautement significative ( $F= 335,1$  ;  $dl = 2$  et  $p\text{-value} = 0,0002975$  \*\*\*). En d'autres termes, les dominants produisent et séquestrent plus la biomasse et le carbone que les autres catégories.

Tableau 3.6 : Quantité de la biomasse produite et du carbone séquestré en fonction du statut

Années	Statuts	Biomasse (t/ha)	Carbone (t/ha)
2008	Dominés	1,0065	0,5033
	Co-dominants	13,6658	6,8329
	Dominants	27,6802	13,8401
2013	Dominés	1,1483	0,5742
	Co-dominants	14,5980	7,2990
	Dominants	28,0492	14,0246

### 3.7. Taux de reconstitution

Le tableau 3.7 montre qu'en tenant compte du diamètre minimum d'exploitabilité (DME) de 60 cm, le nombre des tiges exploitables au temps initial ( $A_0$ ) est de 98. En utilisant trois scénarios, lorsqu'on prélève successivement 50 % (tableau 3.7 a) ; 75 % (tableau 3.7 b) et 100 % (tableau 3.7 c) des tiges exploitables au temps initial ( $t_0$ ), après 25 ans, le taux de reconstitution est successivement de 55,2% ; 30 % et 8,9 %.

$$(a) \text{ 50 \% de prélèvement ; } \% \text{ Re} = \frac{27,7+15+6,1+2,7+2,6}{98} \times 100 = 55,2 \%$$

$$(b) \text{ 75 \% de prélèvement ; } \% \text{ Re} = \frac{20,21+4,96+2,26+1,0+0,96}{98} \times 100 = 30 \%$$

$$(c) \text{ 100 \% de prélèvement ; } \% \text{ Re} = \frac{14,83-3,31-1,52-0,7-0,6}{98} \times 100 = 8,9 \%$$

Tableau 3.7 : les différents pourcentages du taux de reconstitution 25 ans après la première exploitation [ (a) : 50 %; (b) : 75 % et (c) : 100 % de prélèvement ; AAM : accroissement annuel moyen ; An0 : temps initial ; An 25 ans : 25 ans après l'exploitation ; NV : nouvel)

(a)										
Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectifs An 0	54	57	62	55	37	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
AAM	0,36	0,35	0,32	0,27	0,24	0,18	0,14	0,21	0,46	0,14
Passage (%)	0,90	0,88	0,80	0,68	0,60	0,45	0,35	0,53	1,15	0,35
Maintien (%)	0,10	0,13	0,20	0,33	0,40	0,55	0,65	0,48	-0,15	0,65
Tiges exploitées	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>23,0</b>	<b>14,0</b>	<b>8,5</b>	<b>3,0</b>	<b>0,5</b>
Tiges endommagées	5,4	5,7	6,2	5,5	3,7	0,0	2,8	1,7	0,6	0,1
NV effectifs	48,6	51,3	55,8	49,5	33,3	23,0	11,2	6,8	2,4	0,4
Tiges vivantes An 25 ans	41,3	43,6	47,4	42,1	28,3	19,6	9,5	5,8	2,0	0,3
Mortalité naturelle	7,3	7,7	8,4	7,4	5,0	3,5	1,7	1,0	0,4	0,1
Maintien An 25 ans	4,1	5,5	9,5	13,7	11,3	10,8	6,2	2,7	-0,3	0,2
Passage An 25 ans	37,2	38,2	37,9	28,4	17,0	8,8	3,3	3,0	2,3	0,1
Effectifs An 25 ans	54,0	42,6	47,6	51,6	39,7	<b>27,7</b>	<b>15,0</b>	<b>6,1</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>
(b)										
Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectifs An 0	54	57	62	55	37	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
AAM	0,36	0,35	0,32	0,27	0,24	0,18	0,14	0,21	0,46	0,14
Passage (%)	0,90	0,88	0,80	0,68	0,60	0,45	0,35	0,53	1,15	0,35
Maintien (%)	0,10	0,13	0,20	0,33	0,40	0,55	0,65	0,48	-0,15	0,65
Tiges exploitées	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>34,5</b>	<b>21,0</b>	<b>12,8</b>	<b>4,5</b>	<b>0,75</b>
Tiges endommagées	5,4	5,7	6,2	5,5	3,7	4,6	2,80	1,7	0,6	0,1
NV effectifs	48,6	51,3	55,8	49,5	33,3	6,9	4,2	2,5	0,9	0,2
Tiges vivantes An 25 ans	41,3	43,6	47,4	42,1	28,3	5,9	3,6	2,1	0,8	0,1
Mortalité naturelle	7,3	7,7	8,4	7,4	5,0	1,0	0,6	0,4	0,1	0,0
Maintien An 25 ans	4,13	5,45	9,49	13,67	11,32	3,23	2,32	1,01	-0,11	0,08
Passage An 25 ans	37,18	38,15	37,94	28,40	16,98	2,64	1,25	1,12	0,88	0,04
Effectifs An 25 ans	54,0	42,63	47,64	51,62	39,72	<b>20,21</b>	<b>4,96</b>	<b>2,26</b>	<b>1,0</b>	<b>0,96</b>
(c)										
Classes de diamètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectifs An 0	54	57	62	55	37	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
AAM	0,36	0,35	0,32	0,27	0,24	0,18	0,14	0,21	0,46	0,14
Passage (%)	0,90	0,88	0,80	0,68	0,60	0,45	0,35	0,53	1,15	0,35
Maintien (%)	0,10	0,13	0,20	0,33	0,40	0,55	0,65	0,48	-0,15	0,65
Tiges exploitées	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
Tiges endommagées	5,4	5,7	6,2	5,5	3,7	4,6	2,8	1,7	0,6	0,1
NV effectifs	48,6	51,3	55,8	49,5	33,3	-4,6	-2,8	-1,7	-0,6	-0,1
Tiges vivantes An 25 ans	41,31	43,61	47,43	42,08	28,31	-3,9	-2,4	-1,4	-0,5	-0,1
Mortalité naturelle	7,29	7,70	8,37	7,43	5,00	-0,69	-0,4	-0,3	-0,1	0,0
Maintien An 25 ans	4,13	5,45	9,49	13,67	11,32	-2,15	-1,5	-0,7	0,1	-0,1
Passage An 25 ans	37,18	38,15	37,94	28,40	16,98	-1,76	-0,8	-0,8	-0,6	0,0
Effectifs An 25 ans	54,0	42,63	47,64	51,62	39,72	<b>14,83</b>	<b>-3,31</b>	<b>-1,52</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>

## CHAPITRE IV : DISCUSSIONS

### 4.1. Caractéristique dendrométrique

#### 4.1.1 Taux de recrutement et mortalité

L'inventaire complet des individus de *Scorodophloeus zenkeri* à dbh  $\geq$  10 cm dans la parcelle permanente du bloc nord de la réserve de Yoko indique un taux de mortalité de 0,65%, cela est dû au chablis, mort naturelle et au stress que subit cette espèce. Ce résultat est proche de la valeur estimée de 1% (Esteve, 2001), mais paraît faible par rapport aux valeurs de 1-2% généralement signalées dans les différentes forêts tropicales (Lejoly, 2000).

Le taux de recrutement observé de 0% est relativement nul cela dépend de l'espèce et la densité des arbres de grand diamètre. Les arbres de cette taille privilégient alors la croissance en diamètre et les petits privilégient la recherche de la lumière. Par rapport aux résultats obtenus en République centrafricaine dans la forêt de Ngoto et de Dja respectivement de 1,2 et 1,04% (Sonké, 1999 ; Lejoly, 2000). Néanmoins, dans la région du lac Maï-Ndombe, Menga (2012), a observé des valeurs plus élevées de l'ordre de 3,9 à 8,62% pour *Millettia laurentii* dans le groupement à *Picralima nitida* et *M. laurentii*.

Avec un taux de recrutement nul, cela ne compense même la mortalité et le nombre d'individus diminue dans le peuplement passant de 375 individus/ha en 2008 à 262 individus/ha 5 ans après, ce qui nous pousse à penser qu'aucun individu de la régénération acquise dans ladite parcelle permanente n'est recruté dans la période de temps considérée mais il serait en voie de diminution (Durrieu de Madron *et al.*, 1998).

#### 4.4.2. Croissance diamétrique, surface terrière et production de la biomasse

L'accroissement annuel moyen est de  $0,28 \pm 0,12$  cm/an avec un maximum de 1,08 cm/an et un minimum de 0,10 cm/an. Globalement, ses valeurs sont conformes aux résultats de certains auteurs ; notamment en Malaisie où Manokoran et Kochummen, (1987) relèvent un accroissement diamétrique compris entre 0,15 et 0,25 cm/an. Toutefois, Mengin-Lecreux, (1990b), trouve qu'en Guyane, dans le dispositif de Paracou en peuplement témoin, toutes espèces confondues, les accroissements moyens évalués sur une période de 5 ans sont inférieures à ceux de Côte-d'Ivoire et varient de 0,08cm/an à 0,24cm/an pour les diamètres et de 0,0007m<sup>2</sup>/ha/an à 0,00403m<sup>2</sup>/ha/an pour les surfaces terrières et pour les arbres compris entre 10 cm à 100 cm.

La surface terrière occupée par les individus de *Scorodophloeus zenkerii* est passée de 7,4548 m<sup>2</sup>/ha (0,7455 m<sup>2</sup>/ha ± 0,5444 m<sup>2</sup>/ha) en 2008 à 7,7024 m<sup>2</sup>/ha (0,7702 ± 0,5265 m<sup>2</sup>/ha) en 2013. Statistiquement 5 ans après, on constate qu'il y a une différence significative (Cfr figure 3.2). D'où, le rejet de l'hypothèse selon laquelle « la surface terrière occupée par les individus de *Scorodophloeus zenkerii* en 2008 est significativement la même que celle occupée par les mêmes individus en 2013 » situation due au fait que les individus ont ajouté une surface de leur diamètre ce qui explique alors l'augmentation de la surface terrière.

Quant à l'augmentation de la surface terrière, cette dernière étant fortement corrélée à la biomasse (Phillips et al., 1998), les analyses révèlent que le dispositif se trouve dans une phase d'accumulation de biomasse car les estimations faites après 5 ans font état d'une augmentation de la quantité de la biomasse aérienne qui passe de 123,0124 t/ha en 2008 à 126,2078 m<sup>2</sup>/ha en 2013 avec un gain de 0,6373 t/ha/an. Ces résultats exprimés en quantité de carbone, montre également une évolution du stock de carbone séquestré allant de 61,5105 t/ha en 2008 à 63,1039 t/ha en 2013 donnant aussi un gain annuel de 0,3186 t/ha/an. Statistiquement, en se référant *au point 3.6 et du tableau 3.4*, on constate qu'il y a une différence significative entre la quantité de la biomasse produite et carbone séquestré en 2008 et celle de la biomasse produite et du carbone séquestré en 2013. D'où, l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « la quantité de la biomasse produite et celle du carbone séquestrée en 2013 est significativement différente de celle produite et séquestrée en 2008 »

Les valeurs de la biomasse obtenues sont inférieures aux estimations moyennes de la biomasse faite en fonction de type de forêt, 323 t/ha dans les forêts denses humides sempervirentes, 291 t/ha dans les forêts denses humides semi- décidues et 207 t/ha pour les forêts décidues (FAO, 2010) toutefois, nos résultats sont proches des valeurs observées dans la forêt mixte d'Ituri avec 165 t/h.

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.

La comparaison des accroissements diamétriques en fonction de leur statut montre que les individus dominants produisent et séquestrent plus la biomasse et le carbone que les dominants et les dominés. La biomasse totale produite par les Co-dominants était de 27,6802 t/ha en 2008 et de 28,0492 t/ha en 2013 tandis que pour les dominés, elle était de l'ordre de 1,0065 t/ha en 2008 et de 1,1483 t/ha en 2013 et celle produite par les Co-dominants en 2008 était 13,6658 t/ha et 14,5980 t/ha en 2013. La quantité de carbone séquestrée par les

dominants était de 13,8401 t/ha en 2008 et de 14,0246 t/ha en 2013 tandis que pour les dominés, elle était de 0,5742 t/ha en 2008 et de 0,5742 t/ha en 2013. Nyembo (2012) a observé à Yoko que la quantité de la biomasse des arbres à  $Dbh \geq 10$  cm qui était estimée à 379 t/ha pour l'année 2008 et à 414 t/ha pour l'année 2012, la quantité de carbone est passée de 189 à 207 t/ha. Les espèces dominantes ont à cet effet des accroissements supérieurs à ceux observés chez les dominées, situation due au fait que les individus des différentes strates se différencient par leur espace vital (Boyemba 2006) et également compte tenu des priorités d'allocation du carbone au moment de la compétition, la récession du houppier (accentuée chez les dominés) s'accompagne d'une réduction de la croissance individuelle en diamètre qui se traduit par la diversité des productions photosynthétiques des arbres du collectif, entraînant ainsi une disparité des accroissements en diamètre, laquelle se manifeste au niveau du peuplement, par une augmentation de la disparité des diamètres entre individus (Ponette 2011).

Les variations de croissance en hauteur entre individus différents sont toutefois sous la dépendance de nombreux facteurs parmi lesquels on peut citer : précocité d'installation des individus sur le site, mécanisme de régénération effectif, composition spécifique totale dépassant 0,3 cm (Ponette 2011). Cependant, la présente étude révèle que l'analyse de l'accroissement diamétrique d'une espèce en fonction du statut social des individus peut donner des résultats tout à fait contraires. Ces effets peuvent être interprétés comme liés à l'individu (histoire, génotype) ou au microsite. Clark et Clark (1999) observent également une forte variabilité intra-spécifique de la croissance : tout individu étudié présente, pour la plupart des classes de diamètre, un gradient d'accroissements de valeurs légères.

#### **4.2. Indice de reconstitution**

Selon l'évolution du peuplement, lors de l'exploitation, en considérant le taux de prélèvement, successivement de 50% au temps initial avec 98 tiges exploitables et 25 ans après, les tiges exploitables est 54,1 tiges, soit un taux de reconstitution de 55,2%. Pour un prélèvement de 75% des tiges exploitables, 25 ans après, on a 29,39 tiges exploitables, soit un taux de reconstitution de 30% et enfin, celui de 100%, 25 ans après, on a 8,7 tiges exploitables, soit un taux de reconstitution de 8,9%. En tenant compte de ces résultats, il serait souhaitable pour un exploitant forestier de prélever 50% des tiges exploitables pour que l'espèce se reconstitue 25 ans après. A une croissance de diamètre lent à certains stades Cela est du au fait que cette espèce Au cas contraire, le taux de reconstitution est faible. D'où, l'acceptation

en partie l'hypothèse selon laquelle « d'après la législation forestière de la RDC fixant le DME (diamètre minimum d'exploitabilité) à 60 cm et en tenant compte de l'accroissement annuel moyen par classe de diamètre, l'espèce se reconstitue bien 25 ans après la première exploitation » pourvu que le prélèvement, soit de 50 % au cours de l'état initial de l'exploitation pour une gestion durable de l'espèce.

## CONCLUSION ET SEGGESTIONS

La présente étude menée en forêt naturelle de la réserve de Yoko, a permis de remesurer le diamètre de la population de *Scorodophloeus zenkeri* à dbh  $\geq$  10 cm, d'évaluer la surface terrière ainsi que la biomasse produite et la carboné séquestré et d'évaluer aussi le taux de reconstitution de l'espèce dans la parcelle permanente du bloc Nord de la réserve forestière de Yoko.

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

- Le taux de recrutement est de 0 % tandis que celui de la mortalité naturelle est 0,65% ;
- La structure diamétrique est en «S » étiré pour l'année 2008 tandis qu'elle est en « cloche » pour l'année 2013 ;
- L'accroissement annuel moyen est de  $0,28 \pm 0,12$  cm/an avec un minima de 0,10 cm/an et un maxima de 1,08 cm/an ;
- La surface terrière est passée de 7,4548 m<sup>2</sup>/ha en 2008 à 7,7024 m<sup>2</sup>/ha en 2013, soit un accroissement de 0,0495 m<sup>2</sup>/ha/an ;
- La quantité de la biomasse produite est passée de 123,0214 t/ha en 2008 à 126,2078 t/ha en 2013, soit un gain de 0,6373 t/ha/an et celle du carbone séquestrée est passée de 61,5107 t/ha en 2008 à 63,1039 m<sup>2</sup>/ha en 2013, soit un gain de 0,3186 t/ha/an ;
- Le taux de reconstitution est respectivement de 55,2 % ; 30 % et 8,9 % 25 ans après l'exploitation, si l'on prélève respectivement 50 %, 75 % et 100 % des tiges exploitables.

De ces résultats, nous suggérons que la base des données soit régulièrement mise à jour et que la détermination de taxons inconnus soit faite, l'idéal serait qu'une équipe dynamique de suivi permanent du dispositif soit mise en place. C'est à ce moment que les facteurs influençant le comportement des individus en forêt et l'autoécologie des principales espèces d'arbres seraient intéressants à développer.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (1996). Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Science, Oxford, U.K., 1068 p.
- Boyemba, B.F., 2006. Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), D.E.A inédit, ULB, Lab. Bot. Syst., 101 p.
- Boyemba B.F., 2011. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse, ULB, 181 p
- Brady M, de Wasseige C, Altstatt A., Davies D., Mayaux P, 2010. Monitoring forest carbon stocks and fluxes in the Congo basin, conference report. COMIFAC, 168 p
- 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 SB., and Yamakura T.. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* (200) 145: pp 87-99
- Chave J., Condit R, Muller-Landau HC, Thomas SC, Ashton PS., 2008. Assessing Evidence for a Pervasive Alteration in Tropical Tree Communities. *PLoS Biol* 6(3): 45 [archive].
- Capers, R. S., and R. L. Chazdon. 2004. Rapid assessment of understory light availability in a wet tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 123: 177-185.
- Clark, D. A. et Clark, D. B. 1999. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. *Ecological Applications* 9(3): 981-997.
- 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., diversity. Science 313(5783): 98-101.
- Doucet J.L., 2003. L'alliance de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 127 p.
- Doucet, J-L., 2007. Dynamique des peuplements forestiers d'Afrique centrale. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 50 p.
- Durrieu de Madro L., Forni, E., Karsenty, A., Loffeier, E. et Pierre, J. M., 1998. Le projet d'aménagement pilote intégré de Dimako, Cameroun, 1992 -1996. CIRAD – Forêt, Montpellier, France, Forafri 7, 160p. .
- Dupouey JL. ; 2009 : Colloque "Chimie verte : La séquestration de carbone en forêt, INRA Nancy., pp 1-20
- Ebuy, A., 2009. Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'INERA. Yangambi à Yangambi (R.D.Congo) : Cas d'*Austranella congolensis* (De Wild). A. Chev., de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard et « *Drypetes likwa* (J. Léonard.) Nomen. DEA, Fac. Sc./ Unikis, 118p.
- 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.
- Falster, D. S., and Westoby, M., 2005. Alternative height strategies among 45 dicot rain forest species from tropical Queensland, Australia. Journal of Ecology 93: 521-535.
- FAO, 2000. Directives pour les évaluations dans les pays tropicaux. Archives documentaires de la FAO, Département de la forêt. Rome. Feldpausch, M. Aparecida Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P., pp 8-14
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières nationales du Cameroun (Report) ; Rome (Italy). Forestry Dept.
- Favrillon, V., Gourlet-Fleury, S., Dessart, H., 1998. Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide : Eléments pour une méthodologie d'analyse des données. CIRAD, France, Montpellier, 158 p.

- Gaudin, S., 1996. Dendrométrie des peuplements. Module D42. BTSA-Gestion Forestière, CFPPPA/CFAA de Châteaufarine, Besançon), 66 p.
- Gounot, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, pp25.
- 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.
- Kariuki, M, Kooyman, R.M., Brooks, L., Smith, R.G.B., 2006. Modelling growth, recruitments and mortality to describe and simulate dynamics of subtropical rainforests following different levels of disturbance, Forest Biometry, Modelling and information sciences, vol. 1, pp.22-46.
- 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.
- Kombele, L. 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire de Sciences agronomiques Gembloux, pp 12-25
- Lebrun, J., Gilbert, G., 1954 : Une classification écologique des forêts du Congo. Bruxelles, Belgique, I.N.E.A.C, 92 p.
- Lejoly, J., Lisowski, S. et Ndjele, M-B., 1988. Catalogue informatisée de plantes vasculaires de Kisangani et de la Tshopo (Haut – Zaïre). Document photocopie, Faculté des Sciences, U.L.B., 136 p.
- Lejoly J., 2000 : Les recherches sur la biodiversité végétale dans les 6 sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000 ; Rapport final de synthèse, 48 p.
- 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, pp 35- 46
- Lomba , B.L., 2007 . Contribution à l'étude de la phytodiversite de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RDC.) DES inédit, FS/ UNIKIS, 60 p.
- 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, FS/UNIKIS, 261 p
- 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.
- Makana J.R., 2010: Estimation des stocks de carbone aérien dans les forêts du Bassin du Congo: Cas des parcelles permanentes de l'Ituri et de la Salonga en RDC, 32 p
- Manokaran, N. et Kochumen, K.M. 1987. Recruitment, growth, and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 3: 315-330.
- 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, Fac. Sc. / Unikin, 190 p + annexes
- Morneau, F., 2007. Effets d'un gradient d'engorgement hydrique sur la structure et la dynamique d'une forêt tropicale humide (Paracou, Guyane Française). Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, Nancy, 52 p.
- Ndjele, M. 1988. Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de Doctorat. ULB. Labo. Syst. Phyt., 528p.
- 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, Fac. Sci/ Unikis, 46 p + annexes
- Oldeman, R. A. A., and J. van Dijk. 1991. Diagnosis of the temperament of tropical rain forest trees. Pages 21-65 in A. Gomez-Pompa, T. C. Whitmore, and M. Hadley, editors. Rain forest regeneration and management. UNESCO and The Parthenon publishing group, Paris.
- Pascal J. P., 1995. Quelques exemples de problèmes posés à l'analyste au modélisateur par la complexité de la forêt tropicale humide. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 50 : 237-249. pp

- Phillips, O. L., Hall P., Gentry A. H., Sawyer S. A., and Vasquez R. 1994. Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 43 p
- Picard, N. et Gourlet-F, S., 2008. Analyse des données de pré-inventaire de Yoko. UPR « Dynamique de forêts naturelles », Libreville, Gabon, 436 p.
- Poorter, L., and E. J. M. M. Arets. 2003. Light environment and tree strategies in a Bolivian tropical moist forest: an evaluation of the light partitioning hypothesis. *Plant Ecology* 166:295-306.
- Reyes, G., Brown S., Chapman, J., et Lugo, A. E. 1992. *Wood densities of tropical tree species. USDA Forest Service, General Technical Report SO-88*, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, USA, 15 p.
- Richter, H.G. et Dallwitz, M. J. 2000. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. Version: 4th May 2000.
- Rondeux, J. et Otoul, C. 1999. Construction d'un tarif de cubage à l'aide d'un microordinateur. Gembloux (Belgique) : Presses agronomiques de Gembloux, pp 41-68.
- Shand, H., 1993. Valorisation de la diversité de la nature. Publication de l'information de la FAO, pp 1-30
- Sheil, D. 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *Forest Ecology and Management*, 37 p
- Sola G., Picard N., Saint-André I. et Henry M., 2012. Résumé du manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres: de la mesure de terrain à la prédiction. CIRAD et FAO, 79 p
- Sonke B., 1999. Accroissement et mortalité des arbres en forêts denses tropicales: cas de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Actes du séminaire Forafri de Libreville, Gabon, 33 p
- Tailfer, Y. 1989. La forêt dense d'Afrique Centrale. Identification pratique des principaux arbres. ACCT 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

- Turner, I. M. 2001. The ecology of trees in the tropical rain forest. Cambridge University Press, Cambridge, 36 p
- Vincent, G., H., De Foresta, and Mulia, R., 2002. Predictors of tree growth in a Dipterocarpbased agroforest: a critical assessment. *Forest Ecology and Management* 161:39-52.
- Vivien, J. & Faure, J-J. 1985. Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale, Agence de Coopération Cultuelle et Technique, Ministère des Relations exterieures, Coopération et Developpement, Paris, 565p.
- Wilks, M.C. & Issembé, Y.A. 2000. – Guide pratique d'identification: les arbres de la Guinée équatoriale, Région continentale. Projet CUREF, Bata, Guinée Equatoriale, 546 p.
- Wilson G. F., 1998. Ailey cropping: trees as sources of green manure and mulch in the tropics. *Biology, Agriculture & Horticulture* 3: 251-267.
- Yamada, T., Ngakan, O. P. and E. Suzuki. 2005. Differences in growth trajectory and strategy of two sympatric congeneric species in an indonesian floodplain forest. *American Journal of Botany* 92:45-52.