

**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
**FACULTE DES SCIENCES**



**UNIKIS**

**Appui à la formation et à la recherche forestière en République  
Démocratique du Congo (REFORCO)**

---

**Quantification des processus de la dynamique forestière :  
Accroissement diamétrique, recrutement et mortalité des arbres dans la  
réserve forestière de Yoko (Ubundu, R.D. Congo)**



**Par**

**Daniel MUKUBI KIKUNI**

**Mémoire**

Présenté et défendu en vue de l'obtention du diplôme  
de Master-DES/DEA en Gestion de la Biodiversité et  
Aménagement Forestier Durable

**Spécialité** : Environnement-Forêt

**Promoteur** : Pr Dr Faustin BOYEMBA BOSELA

**Co-Promotrice**: Dr Sylvie GOURLET-FLEURY

**Année académique 2012-2013**

*A vous Professeur NYAKABWA MUTABANA, en votre mémoire ;*

*A vous maman Yvonne TALUBEZYE, en votre mémoire ;*

*A vous Papa Justin KILOLWA et maman Louise ONENDA, en votre reconnaissance ;*

*A vous mes frères Ibrahim NGILA et Benjamin MUZALIA, en votre reconnaissance ;*

*A vous mes sœurs Dorcas LEMBA, Priscille KYENGI et Merveille MUKIINA, en votre reconnaissance ;*

*A tous les amis de la nature, respectueux de l'environnement et passionnés de la recherche ;*

*Je dédie ce travail.*

**Daniel MUKUBI KIKUNI**

## REMERCIEMENTS

Jour après jour, des jours sont devenus des semaines, des semaines se sont transformées en mois, et des mois viennent enfin de couler en année depuis le début de notre formation de Master en Gestion de la Biodiversité et Aménagement Forestier Durable. Avant tout, c'était une longue et douloureuse année caractérisée par la séparation d'avec notre milieu familial, nos parents, frères et sœurs, amis et connaissances. A peine est-elle devenue une année pénible marquée par des perturbations, arrestation et incarcération dans un nouveau milieu où le soleil est accablant, la chaleur au zénith et les moustiques en nombre infini. Dieu merci parce qu'en fin de compte, la persévérance et l'endurance viennent de la transformer en année glorieuse couronnée par la réussite et le succès.

Qu'il nous soit permis d'adresser nos sincères remerciements au Professeur Faustin BOYEMBA BOSELA et à Madame Sylvie GOURLET-FLEURY qui, malgré leurs multiples occupations et leurs diverses charges, ont accepté de nous promouvoir dans la réalisation de ce travail, fruit de durs labeurs, d'efforts constants et de sacrifice suprême. Leurs conseils, remarques et suggestions ont indubitablement revêtu ce travail d'un caractère scientifique. Ils ont guidé les premiers pas de notre cursus postuniversitaire, et nous espérons qu'ils ne s'arrêteront pas là. Nous étions sur le point d'abdiquer, mais grâce à leurs encouragements, nous avons pu tenir le cou.

La réalisation de ce travail a été rendue possible grâce au Projet d'appui à la recherche et à la formation forestière au Congo (REFORCO) initié par la Faculté des Sciences de l'université de Kisangani (UNIKIS) et mis en œuvre par le Centre international pour la recherche forestière (CIFOR) avec l'appui financier de l'Union européenne (UE). Nous adressons nos vifs remerciements à ces trois structures.

L'entretien entre Papa Robert MWANDJALE et Ingénieur Faustin MBAYU à Bunia était le point de départ de notre dépôt de candidature au programme de Master. Nous leur disons merci pour tout ce qu'ils ont fait pour nous.

La sœur Justine MULAMBA nous a chaleureusement accueilli dès notre arrivée à Kisangani. Tout au long de notre formation, elle nous a encouragé, soutenu et encadré sans relâche. Nous lui avons imposé des sacrifices et privations, mais patiemment, elle a tout enduré et accepté. A travers ces écrits, nous lui demandons de trouver l'expression de notre reconnaissance. Ce sentiment est aussi valable pour Papa Jean-Claude SADI.

Le Professeur émérite Jean LEJOLY était sans doute à l'origine du thème ayant fait l'objet de cette recherche. Qu'il lui plaise de trouver en ces lignes l'expression de notre gratitude. Nous réitérons la même motion de gratitude à Jan KENNIS, Margaux MUYLE, Justin KYALE et Idriss AYAYA pour leur accompagnement au cours de ce travail. Nous sommes très particulièrement redevables aux Assistants Bonaventure IBANDA (UNIKIS) et Gérard IMANI (Université Officielle de Bukavu) qui se sont rendus disponibles et disposés à répondre à nos innombrables questions relatives à l'analyse statistique des données récoltées.

Que nos parents Justin KILOLWA et Louise ONENDA trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude pour leur cœur gai, tendre, affectueux et patient jusqu'au bout de tout. Nous saisissons cette opportunité pour dire grand merci à Papa Benjamin MUZALIA et toute sa famille pour l'amour qu'ils témoignent à notre endroit. Nous aurions voulu citer chacun par son nom, mais hélas ! L'espace et le temps nous font défaut.

Papa MUKUBI MBAMBALWA et sa famille ont toujours été pour nous sujets d'un grand réconfort. Leur attachement à nous a marqué ses empruntes indélébiles au plus profond de notre cœur. Qu'ils se sentent remerciés à travers ces lignes.

Que nos oncles Faustin WALEMBA, Serges IDUMBO, WABIKA DUMBO, Jean-Paul MAKINDE, Léon MAKINDE, Charly MAKINDE, Corneille MAKINDE, KAMUNGU WANGA, ALIMASI LUTALA, Casimir KILOLWA, Corneille KILOLWA, Fabien KILOLWA, et Paul KILOLWA sachent que nous leur restons redevables pour leur contribution à notre épanouissement. Aussi demandons-nous à nos tantes paternelles et maternelles, chacune par son nom, de trouver ici l'expression de notre profonde gratitude pour leurs cœurs plein d'amours à notre égard.

Nous saisissons cette opportunité pour dire merci à nos ami(e)s et collègues : AMANI NDIMUBENCHI, Romulus NKUBA, Papy BALUME, Patrick NDOOLE, Héritier MILENGE, Legrand CIRIMWAMI, Salomon CIZA, Faustin KAMBASU, MAOMBI MBUSA, Marie-Bernard DEDYA, Vincent ILUNGA, Norbert MONDENGÉ, Michel MBASI, Alphonse MATA, David MASAMBA, Steeve DOKPO, Patrick BONGEBA, Adolphe DONGBI, Jean-Denis LIKWANDJANDJA, Nestor WALOIMI, John KATEMBO, Eric KATEMBO, David KOMBI, Gloire NDOVYA, Nadine CHALACHALA, Dorcas BABUNDO, Charly BISOKUFA et Emeraude.

**Daniel MUKUBI KIKUNI**

## RESUME

La présente étude concerne l'aménagement des forêts tropicales. Elle a été menée dans la réserve forestière de Yoko où un dispositif permanent a été installé dans le but d'acquérir la connaissance sur le comportement des espèces d'arbres en forêts.

Les processus de la dynamique forestière, à savoir l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité des arbres ont été quantifiés au cours de la période allant de l'année 2008 à l'année 2013. L'inventaire en plein a été réalisé dans deux hectares du dispositif, chaque arbre à diamètre  $\geq 10$  cm étant affecté de ses coordonnées x et y et de son diamètre à 1,30 m du sol. L'accroissement moyen annuel entre 2008 et 2013 a été évalué à  $0,51 \pm 0,44$  cm par an. 44 individus ont été recrutés dans les deux hectares, soit un taux de recrutement de  $1,26 \pm 0,37\%$ . 30 individus sont morts, représentant un taux de mortalité de  $0,86 \pm 0,07\%$ .

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

Les accroissements diamétriques diffèrent selon les tempéraments des espèces, les pionnières ayant des accroissements élevés par rapport aux semi-tolérantes et aux tolérantes à l'ombre (i) ;

La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre selon une courbe généralement en cloche dont le maximum se trouve à la classe de 60 cm (ii) ;

La mortalité est un phénomène aléatoire dont le taux ne dépend pas des classes de diamètre considérées (iii).

**Mots clés :** Dynamique forestière, accroissement diamétrique, recrutement, mortalité, Yoko.

## ABSTRACT

This study deals with the sustainable management of tropical rainforests. It was conducted in the forest reserve of Yoko, where a permanent sample plot was installed in order to acquire the knowledge on tree species' behavior in the forest.

Growth, recruitment and mortality of trees, which are the forest dynamics' processes, were quantified from 2,008 to 2,013. Full inventory was realized in two hectares (squares). Each tree was affected by its x, y co-ordinates and diameter at breast height (dbh). The cumulate growth between 2,008 and 2,013 was estimated to  $\text{cm } 0.51 \pm 0.44$ . 44 individuals were recruited in the two squares, representing  $\% 1.26 \pm 0.37$  of recruitment rate. The mortality rate from the 30 individuals which were died was estimated to  $\% 0.86 \pm 0.07$ .

The obtained results allowed concluding that:

The growth depends on species temperaments: pioneers grow up quickly than non-pioneers light demanding and shade-bearers (i);

The mean growth in diameter varies in function of diameter classes, the maximum situating on the class of  $\text{cm } 60$  (ii);

The mortality is an uncertain phenomenon which rate does not depend on the considered classes of diameter (iii).

**Key-words:** Forest dynamics, growth, recruitment, mortality, Yoko

## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME .....	iv
ABSTRACT .....	v
Liste des tableaux .....	vii
Liste des figures .....	viii
Chapitre 1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Dispositifs permanents de suivi de la dynamique, un moyen efficace d’acquisition de connaissances sur le comportement des espèces d’arbre en forêt.....	1
1.2. La mortalité des arbres en forêt.....	3
1.3. Le recrutement.....	4
1.4. La croissance des arbres en forêt.....	4
Le tempérament des espèces, un facteur lié à la vitesse de croissance .....	5
1.5. Hypothèses à tester.....	7
1.6. Objectifs.....	7
1. Objectif global .....	7
2. Objectifs spécifiques.....	7
1.7. Structure du mémoire .....	7
Chapitre 2. MATERIEL ET METHODES .....	8
2.1. Site d’étude .....	8
2.1.1. Situation administrative et géographique.....	8
2.1.2. Cadre phytogéographique.....	9
2.1.3. Le climat.....	9
2.1.4. Les sols.....	10
2.1.5. Actions anthropiques .....	10
2.2. Collecte des données.....	10
2.2.1. Inventaire des arbres vivants .....	10
2.2.2. Positionnement des arbres dans les parcelles .....	12
2.2.3. Arbres recrutés.....	13
2.2.4. Inventaire des arbres morts .....	14
2.2.5. Analyse des données .....	14
2.2.6. Traitements statistiques des données .....	16

Chapitre 3. RESULTATS .....	17
1.1. Evolution totale en effectif et en surface terrière dans le peuplement forestier étudié entre 2008 et 2013.....	17
1.2. Structure diamétrique du peuplement étudié .....	18
1.3. Processus de la dynamique .....	19
1.3.1. Accroissements diamétriques .....	19
3.4.2. Arbres recrutés.....	22
3.4.3. Arbres morts.....	23
3.4.4. Synthèse des processus de la dynamique .....	28
Chapitre 4. DISCUSSION .....	29
4.1. Les espèces pionnières présentent des accroissements diamétriques élevés .....	29
4.2. La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre .....	30
4.3. Le taux de recrutement est fonction du potentiel de recrutement et de la vitesse de croissance des espèces .....	31
4.4. La mortalité est un phénomène aléatoire dont le taux ne dépend pas de classes de diamètre considérées.....	31
Difficultés rencontrées lors du ré-inventaire .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	35

## Liste des tableaux

Tableau 1. Les effectifs d'individus arborescents et les surfaces terrières du peuplement étudié. NI = nombre d'individus .....	17
Tableau 2. Surfaces terrières par classe de diamètre .....	18
Tableau 3. Accroissements moyens annuels des espèces inventoriées dans l'aire d'étude.....	19
Tableau 4. Identité des individus morts par rapport aux individus recrutés dans le peuplement étudié	25
Tableau 5. Tempérament d'individus morts et recrutés .....	26
Tableau 6. Valeurs obtenues pour l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité dans le peuplement étudié.....	28

## Liste des figures

<i>Figure 1. Schéma général de dispositifs d'études dynamiques: a) Forme d'une placette installée; b) Arbres d'une placette; c) Découpage d'une placette en carrés; d) Dispositif de comptage des arbres (Picard, 2007) .....</i>	<i>2</i>
<i>Figure 2. Visualisation des tempéraments (d'après Oldeman et Van Dijk, 1991). Les groupes sont: 1. Hard strugglers; 2. Gambling strugglers; 3. Gamblers; 4. Strugglers; 5. Struggling gamblers; 6. Hard gamblers .....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3. Carte de localisation de la réserve forestière de Yoko, où la rivière Yoko divise cette dernière en deux blocs (Nord et Sud) .....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4. Dispositif permanent de 400 ha (en rouge: 9 ha de suivi de la dynamique) (Picard, 2008). 11</i>	
<i>Figure 5. Numérotation des carrés, des placeaux et des arbres à l'intérieur de la parcelle permanente (Picard et Gourlet-Fleury, 2008) .....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 6. Positionnement des arbres par la méthode classique utilisant boussoles et pentadécamètres (Picard et Gourlet-Fleury) .....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 7. Evolution des structures diamétriques du peuplement étudié entre 2008 et 2013 .....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 8. Dispersion des valeurs d'accroissement diamétrique des arbres du peuplement étudié .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 9. Accroissements moyens par classe de diamètre .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 10. Composition floristique du recrutement dans le peuplement étudié.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 11. Identité spécifique des individus morts dans le peuplement étudié .....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 12. Mortalité par classe de diamètre .....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 13. Nombre de morts par catégories d'arbres morts dans le peuplement étudié .....</i>	<i>28</i>

## Chapitre 1. INTRODUCTION

### 1.1. Dispositifs permanents de suivi de la dynamique, un moyen efficace d'acquisition de connaissances sur le comportement des espèces d'arbre en forêt

Les forêts d'Afrique centrale jouent un rôle important sur les plans économique, social, culturel et écologique. Elles contribuent au développement économique des pays, à l'amélioration des conditions d'existence des peuples et à la préservation de l'environnement aux niveaux local et global (Lescuyer *et al.*, 2012). Elles couvrent près de 236 millions d'hectares, mais régressent à raison de 0,23% de cette superficie par an (Mayaux *et al.*, 2003 ; FAO, 2010). Cette déforestation s'explique essentiellement par la propagation de l'agriculture permanente à petite échelle (FAO, 2009), la surexploitation ou l'exploitation illégale du bois, la conversion des forêts en terres agricoles et l'extraction minière (GIEC, 2000).

En République Démocratique du Congo (RDC), les forêts couvrent environ 145 millions d'hectares, soit 62% du territoire national. Les forêts sont omniprésentes en RDC : près de 12,2 millions d'hectares de forêt sont déjà réservés comme concessions forestières (soit environ 8% du territoire national) pour des opérations d'exploitation (de Wasseige *et al.*, 2012).

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 intervalle de temps régulier (Strayer *et al.* 1986). Selon Picard (2007), on trouve principalement deux catégories de 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 les paramètres de l'aménagement forestier, avec un enjeu de gestion durable et d'exploitation.

Un suivi régulier de ces dispositifs permet d'acquérir des connaissances sur les processus de la dynamique des espèces : taux de recrutement, taux de mortalité, vitesse de croissance en diamètre, encore insuffisamment connus. Ces processus sont quantifiés pour (1) estimer le plus précisément possible la taille des arbres et des peuplements forestiers et (2) leur évolution dans le temps sur un même site (ATIBT, 2006). Ceci permet de faire le suivi de la

reconstitution du peuplement et d'améliorer la précision des paramètres d'aménagement (Picard *et al.*, 2008).

Des dispositifs permanents de recherche sur la dynamique forestière ont été mis en place dans de nombreux pays forestiers tropicaux suivant le schéma ci-dessous (Figure 1). En 2008, un dispositif permanent a été installé dans la réserve forestière de Yoko (Province Orientale, RDC) où 9 hectares ont été délimités pour des études dynamiques. C'est ce dispositif qui a été utilisé pour notre étude, cinq ans après la première campagne d'inventaire.

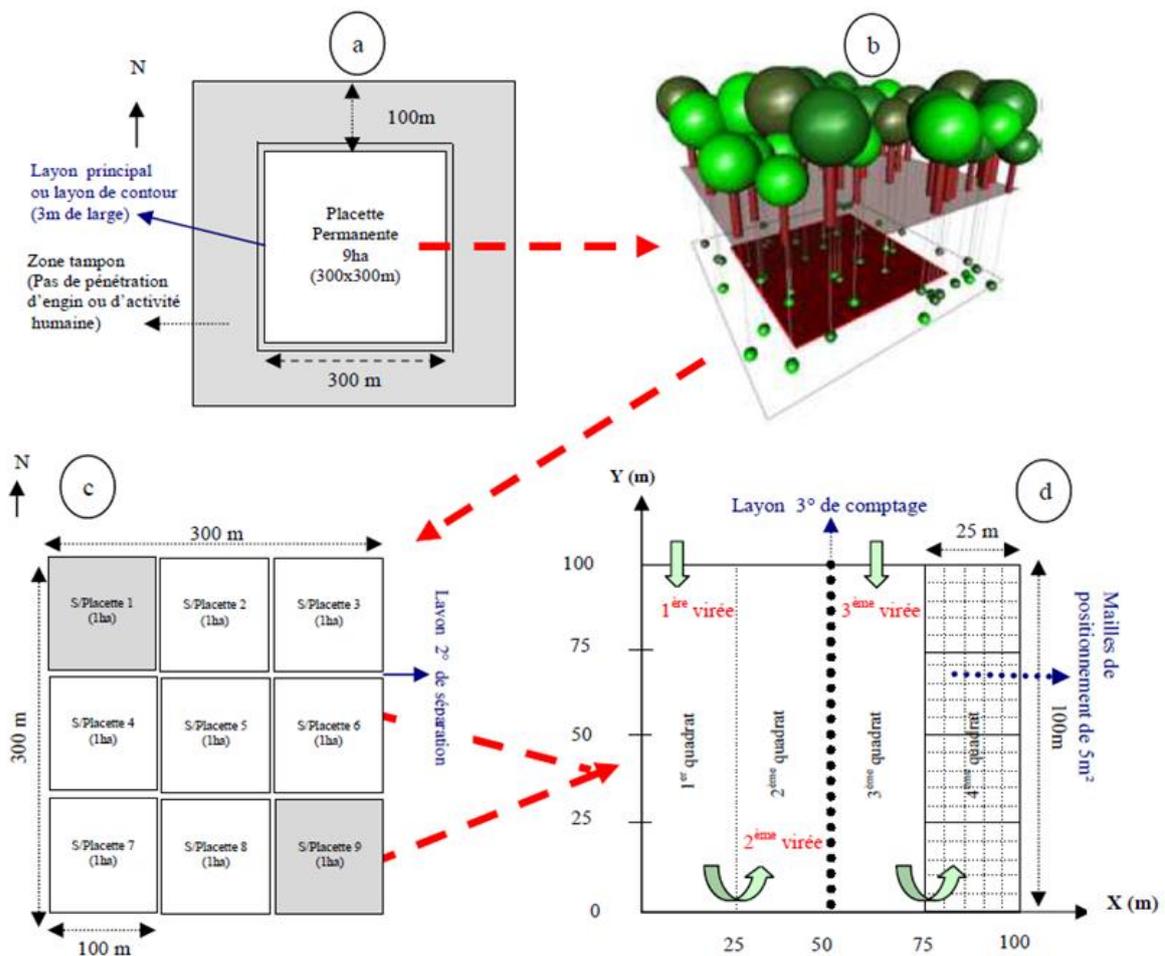


Figure 1. Schéma général de dispositifs d'études dynamiques: a) Forme d'une placette installée; b) Arbres d'une placette; c) Découpage d'une placette en carrés; d) Dispositif de comptage des arbres (Picard, 2007)

La dynamique, au sens physique du terme, concerne l'étude des "forces qui déterminent les variations d'abondance des populations et des sous-populations" (Frontier et Pichod-Viale, 1993). Elle résulte de processus fondamentaux : la reproduction (floraison, pollinisation,

fructification, dissémination, germination), la croissance et la mort. Notre étude a porté sur la croissance, la mortalité des arbres et le recrutement. Le recrutement peut être considéré comme le résultat de la reproduction, de la survie et de la croissance des jeunes individus jusqu'à une taille pré-définie (il s'agit le plus souvent du diamètre à hauteur de poitrine (DHP), appelé diamètre de précomptage) (Favrichon *et al.* 1998).

## **1.2. La mortalité des arbres en forêt**

La mortalité est un paramètre à la fois fondamental à prendre en compte et difficile à estimer : fondamental car son impact sur le bilan en surface terrière ou en volume de l'ensemble du peuplement (Clark et Clark, 1996) ainsi que sur la sylvigénèse (Pascal, 1996) est important. Difficile à estimer car c'est un événement rare et fortement aléatoire dans le temps et dans l'espace (surtout chez les individus de gros diamètre ou pour les espèces peu fréquentes, c'est-à-dire pour les populations à faible effectif).

Dans son travail à Paracou, Gourlet-Fleury (1997) note qu'en forêt non perturbée, la mortalité naturelle touche un peu plus de 1% du peuplement vivant (7 individus/ha/an), répartis entre les différents types de la manière suivante : 48% de morts sur pied (3,3/ha/an), 29% de chablis primaires (2/ha/an) et 23% de chablis secondaires (1,7/ha/an). Ces chiffres sont très variables d'une année à l'autre, le taux de mortalité global pouvant varier du simple au double.

Dans notre travail, nous allons recenser les arbres morts en distinguant deux types de mortalité (Durrieu de Madron, 1994) : la mortalité sur pied (l'arbre meurt en restant debout ; il aura tendance à se désagréger petit à petit) et le chablis (l'arbre meurt en tombant). Un classement par type de mortalité sera appliqué aux individus morts au courant de cette étude. L'étude du taux de mortalité par classe de diamètre pour une espèce donnée permet de mieux comprendre la structure diamétrique d'une population. En théorie, si l'on considère la population constituée de tous les individus depuis le stade plantule, on observe une courbe de mortalité par classe de diamètre en U (Alvarez-Buylla, 1994), c'est-à-dire un taux de mortalité fort pour les plantules, puis plus faible pour les individus matures et enfin de nouveau fort pour les individus de gros diamètres en phase de sénescence. Par contre, si l'on ne considère que les arbres à partir de 10 cm de diamètre, les avis sont partagés quant à l'existence d'une relation significative entre le taux de mortalité et le diamètre (Alder, 1983, Durrieu de Madron, 1993).

Deux approches sont possibles pour tester l'hypothèse que le taux de mortalité est différent selon la classe de diamètre considérée, mettant en jeu (1) le nombre de morts entre les temps  $t_1$  et  $t_2$  et le nombre de vivants au temps  $t_1$ , pour  $k$  classes de diamètre ou (2) le nombre de morts entre les temps  $t_1$  et  $t_2$  et le nombre de morts théorique si l'on applique un taux de mortalité moyen et constant, pour  $k$  classes de diamètre. Le problème consiste à définir la  $k^{\text{ième}}$  classe de diamètre. En effet, le nombre de morts devient rapidement très faible dans la population des arbres de gros diamètre et les résultats des tests peuvent varier en fonction de la manière dont on configure cette dernière classe (Gourlet-Fleury, 1997).

### **1.3. Le recrutement**

Le recrutement donne une image du renouvellement des effectifs. C'est une variable importante pour comprendre la dynamique à long terme des populations. Les valeurs du recrutement peuvent être quantifiées à partir d'unités d'échantillonnages et par période de temps, en effectif, en surface terrière et en volume par espèce, groupe d'espèces ou toutes espèces confondues. On en déduit les valeurs moyennes et la variabilité dans l'espace et dans le temps du recrutement (Favrichon *et al.*, 1998).

Le recrutement est fonction de deux éléments : (1) du nombre d'individus appartenant à la classe de diamètre inférieure au diamètre de précomptage (par exemple, la classe des moins de 10 cm de diamètre si ce seuil est fixé à 10 cm), représentant le potentiel de recrutement ; (2) de la vitesse de croissance de ces individus (Durrieu de Madron, 1993).

Dans les forêts tropicales, Kariuki *et al.* (2006) notent que le nombre d'arbres recrutés dépend des espèces et de la densité des arbres de grand diamètre ( $\geq 40$  cm) cinq à dix ans avant les nouvelles mesures de grosseur (Kariuki *et al.*, 2006).

### **1.4. La croissance des arbres en forêt**

La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre selon une courbe généralement en cloche dont le maximum 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 encore la recherche de la lumière, donc la croissance en hauteur et les plus vieux sont entrés dans une phase de sénescence et voient leurs performances diminuer (Frontier et Pichod-Viale, 1993).

Dans les forêts denses équatoriales en Guyane, Gazel (1983) note que l'accroissement moyen sur le diamètre est estimé à moins de 1,6 mm par an. Plusieurs auteurs soutiennent cependant que dans les forêts tropicales, l'accroissement annuel moyen en diamètre varie de 0,1 à 0,5 cm avec la majorité d'arbres tendant vers la valeur la plus basse (Horne *et al.*, 1982, Korning *et al.*, 1994, Gourlet-Fleury, 1997, Favrichon, 1998 et Finegan *et al.*, 1999).

### **Le tempérament des espèces, un facteur lié à la vitesse de croissance**

Les espèces d'arbre peuvent être classées en trois groupes, dont les limites tracées dans des continuums de caractères biologiques tels que la vitesse de croissance, le besoin de lumière, la longévité, la longueur du cycle reproductif, etc. restent parfois arbitraires ou mal définies. Les pionnières sont définies comme des espèces susceptibles de participer les premières à la reconstitution d'un couvert végétal, et dotées (1) d'une capacité de germer dans les conditions de lumière forte, (2) d'une grande rapidité de croissance leur assurant un avantage sur leurs voisines. Elles ont une durée de vie courte (Swaine et Whitmore, 1988). Avec l'évolution de la forêt, d'autres espèces ont la capacité de s'établir en sous-étage d'un couvert forestier : ce sont des espèces tolérantes à l'ombre. Celles-ci dominent le couvert forestier lorsque la forêt atteint un stade de développement avancé. D'autres espèces, nommées espèces de transition ou semi-tolérantes, sont favorisées par des ouvertures modérées du couvert forestier. Ces espèces vont s'implanter lors de la création des petites trouées dues au renversement de quelques arbres (petits chablis) (Swaine et Whitmore, 1988).

La liaison entre la croissance et le tempérament des espèces a été mise en évidence. Les espèces tolérantes et semi-tolérantes à l'ombrage ont des faibles accroissements moyens alors que les espèces pionnières possèdent des accroissements élevés en pleine lumière.

Selon Doucet (2003), une autre manière de classer les espèces en fonction des tempéraments est celle d'Oldeman et Van Dijk (1991). Ils reconnaissent six classes sur base notamment des caractéristiques du houppier et des feuilles. La figure 2 illustre ces six groupes.

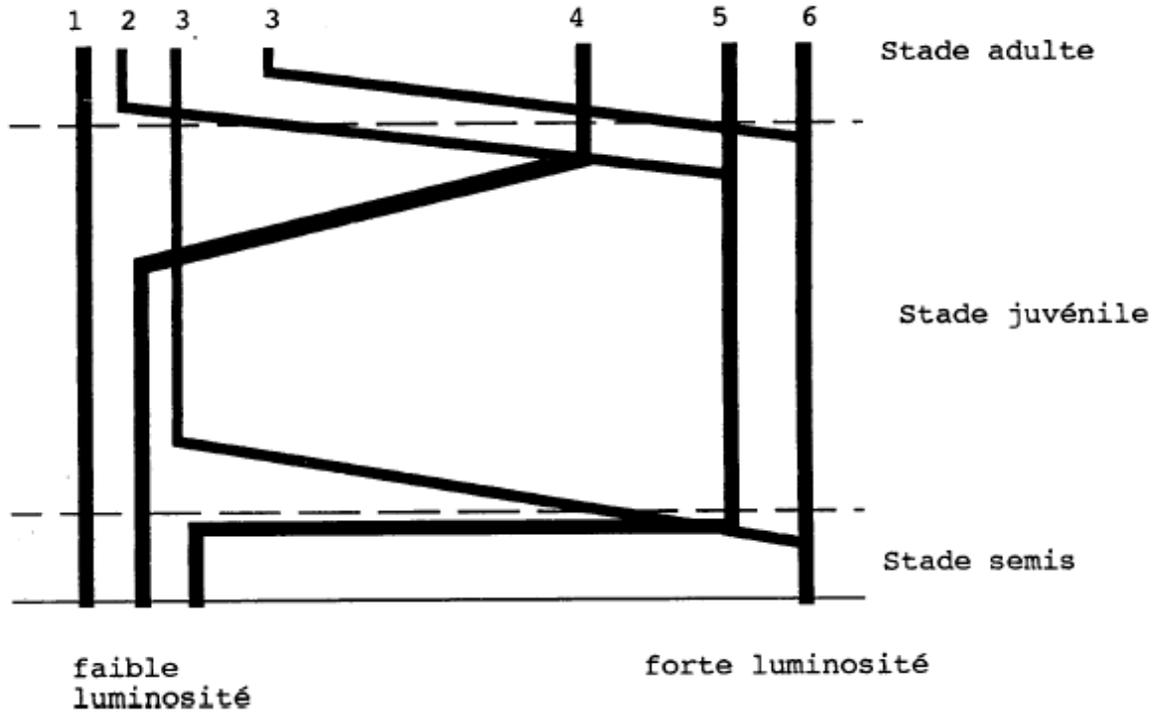


Figure 2. Visualisation des tempéraments (d'après Oldeman et Van Dijk, 1991). Les groupes sont: 1. Hard strugglers; 2. Gambling strugglers; 3. Gamblers; 4. Strugglers; 5. Struggling gamblers; 6. Hard gamblers

Cette classification est basée sur les stratégies de croissance et de développement des espèces en fonction de la lumière (Boyemba, 2011). Les « hard gamblers » et « hard strugglers » conservent une même tolérance à l'ombre durant toute leur existence. Quant aux quatre autres types de tempérament, ils désignent un changement de tolérance à l'ombre à l'un ou l'autre des stades clés de la croissance de l'arbre. Les « strugglers » ou « combattantes » correspondent aux habituels « shade-tolerant trees » ou « climax species » tandis que les « hard gamblers » correspondent aux « pioneer species » et « light-demanding trees » (Senterre, 2005).

## **1.5. Hypothèses à tester**

Dans cette étude sur la dynamique forestière dans la réserve forestière de Yoko, les hypothèses suivantes seront testées :

- (1) Les accroissements diamétriques diffèrent selon les tempéraments des espèces, les espèces pionnières présentant des accroissements diamétriques élevés ;
- (2) La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre selon une courbe généralement en cloche dont le maximum passe par les classes de 40 à 60 cm ;
- (3) Le taux de mortalité diffère selon les classes de diamètre considérées.

## **1.6. Objectifs**

### **1. Objectif global**

L'objectif global de ce travail est de quantifier les processus de la dynamique forestière qui sont : l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité des arbres dans la réserve forestière de Yoko.

### **2. Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques suivants ont été assignés au présent travail :

- (1) Mesurer la vitesse de croissance des arbres et établir le lien avec les tempéraments des espèces arborescentes à Yoko ;
- (2) Quantifier le taux de recrutement des espèces d'arbres dans la réserve de Yoko ;
- (3) Calculer le taux de mortalité des arbres dans la réserve forestière de Yoko.

## **1.7. Structure du mémoire**

Hormis la conclusion, ce mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre est en effet une introduction générale reprenant le cadre scientifique de l'étude. Le deuxième chapitre présente les matériels et méthodes utilisés pour l'élaboration de ce rapport. Le troisième chapitre porte sur la présentation des résultats obtenus pendant que le quatrième chapitre est consacré à la discussion de ces résultats.

## Chapitre 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Site d'étude

#### 2.1.1. Situation administrative et géographique

La réserve forestière de Yoko (0° 17' latitude N et 25° 17' longitude E) est située en RDC, Province Orientale, territoire d'Ubundu, Collectivité de Bakumu-Mangongo, district de la Tshopo, ville de Kisangani, à 32 km au Sud-Ouest de la ville sur la route Kisangani – Ubundu.

Elle est délimitée au Nord par la ville de Kisangani, au Sud et à l'Est par la rivière Yoko, à l'Ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle se prolonge des points kilométriques 21 à 38 (Lomba & Ndjele, 1998).

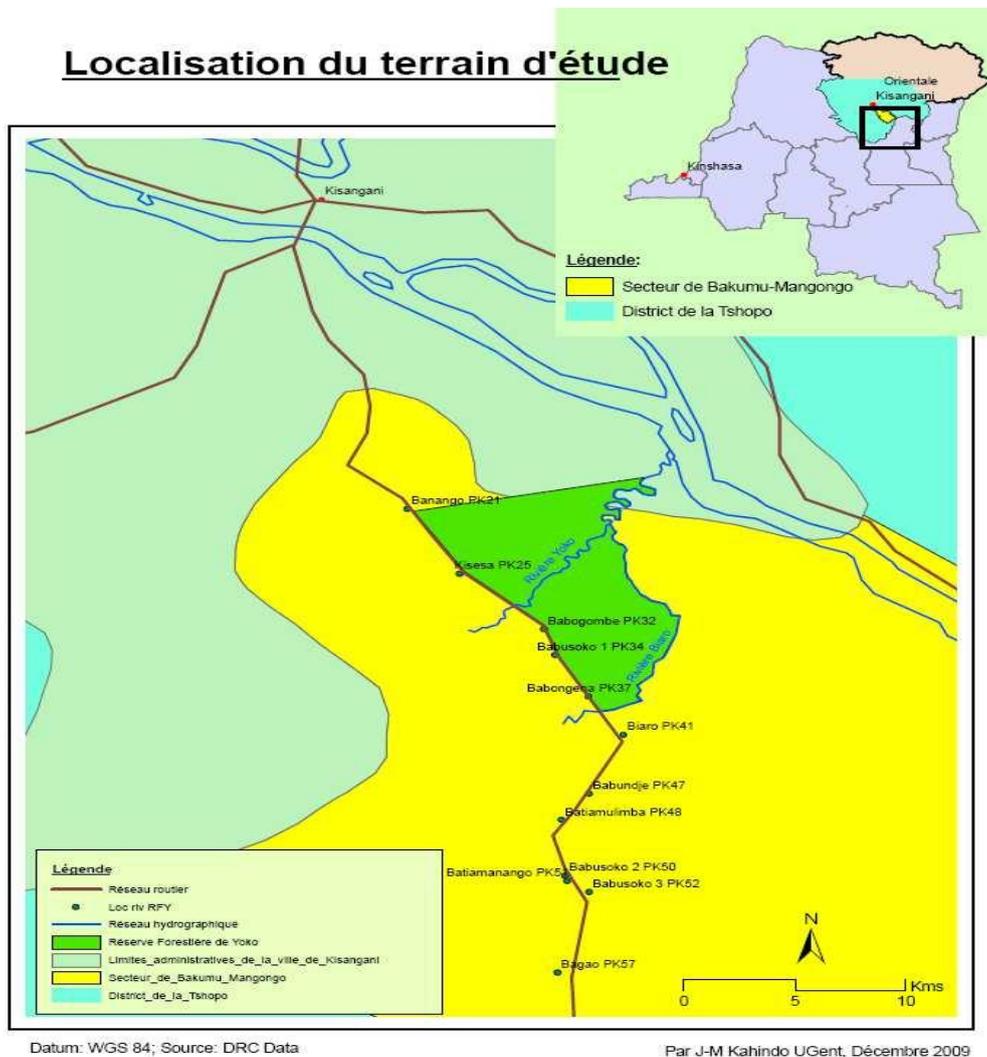


Figure 3. Carte de localisation de la réserve forestière de Yoko, où la rivière Yoko (Kahindo, 2011)

Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux blocs dont le bloc Nord avec 3370 ha et le bloc Sud avec 3605 ha, soit une superficie globale de 6975 ha. L'altitude de la zone oscille autour de 400 m et la topographie du terrain est généralement plate.

### **2.1.2. Cadre phytogéographique**

Du point de vue phytogéographique, la réserve de Yoko est située dans la Région Guinée-Congolaise (White, 1983) entre le District Centro-oriental de la Maïko et celui de la Tshopo (Ndjele, 1988), Domaine Congolais (White, 1979), Secteur Forestier Central (Dewildman, 1913).

Les forêts sont réparties sur l'ensemble du territoire de la RDC. Elles englobent divers faciès écologiques : forêt dense sempervirente et semi décidue (surtout sur la cuvette centrale) ; forêts édaphiques ; forêt de montagne (surtout à l'Est), forêt claire et savane arborée (surtout dans le Sud) (Nshimba, 2008).

Les études menées par Lebrun & Gilbert (1954) définissent deux types de forêts dans la province orientale et précisément dans la région de Kisangani. Il s'agit des forêts denses sur sols hydromorphes généralement le long du réseau hydrographique et les forêts denses de terre ferme.

La forêt de la province orientale renferme de nombreuses espèces caractéristiques et endémiques. Etant à cheval sur l'équateur, elle occupe une position stratégique du point de vue de la biodiversité.

### **2.1.3. Le climat**

La réserve de Yoko bénéficie globalement du climat régional de la ville de Kisangani du type Af (pas de mois sec – mois où le double de la température est supérieur ou égal aux précipitations), dans la classification de Köppen.

La température du mois le plus froid est supérieure à 18°C, la hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec oscille autour de 60 mm et la température moyenne est autour de 25°C. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1750 mm avec deux maxima équinoxiaux autour des mois d'octobre et d'avril, et deux minima solsticiaux autour de janvier et juillet. La moyenne annuelle du nombre de jours de pluies se situe autour de 155 (Lomba, 2011).

#### **2.1.4. Les sols**

La réserve de Yoko a des sols ferrallitiques des plateaux du type Yangambi caractérisés par la présence ou non d'un horizon B (d'environ 30 cm d'épaisseur), une texture argileuse (environ 20%), une faible capacité d'échanges cationiques (moins de 16 méq/100 g d'argile), une composition d'au moins 90% de Kaolinite, des traces (moins de 1%) de minéraux altérables tels que feldspaths ou micas, moins de 5% de pierres (SYS, 1960 in Kombele 2004 ; Calembert, 1995 in Kombele, 2004). Ces sols sont acides, généralement sablo-argileux et renferment des combinaisons à la base des sables. Ils sont pauvres en humus et en éléments assimilables par les plantes (Nyakabwa, 1982).

#### **2.1.5. Actions anthropiques**

La réserve forestière de Yoko est fortement menacée par les populations riveraines. Il est important aussi de signaler que l'instabilité politique liée aux guerres dites de libération, depuis 1996 en RDC en général et dans la Province Orientale en particulier, a donné lieu à l'exploitation illicite et non rationnelle de ressources naturelles (bois d'œuvre, ...) de la Province Orientale et la réserve forestière de Yoko n'a pas été épargnée. Les populations riveraines y pratiquent, en plus de l'agriculture itinérante sur brûlis, l'élevage familial extensif, la carbonisation, la chasse, la pêche et la récolte des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL).

### **2.2. Collecte des données**

#### **2.2.1. Inventaire des arbres vivants**

Un dispositif permanent de 400 ha en forme de L a été délimité dans la réserve forestière de Yoko, segmenté par des layons N-S positionnés tous les 50 m. Le dispositif comporte deux blocs rectangulaires de 200 ha chacun. Les deux blocs sont contigus et dénommés « bloc nord » et « bloc sud » (Figure 4).

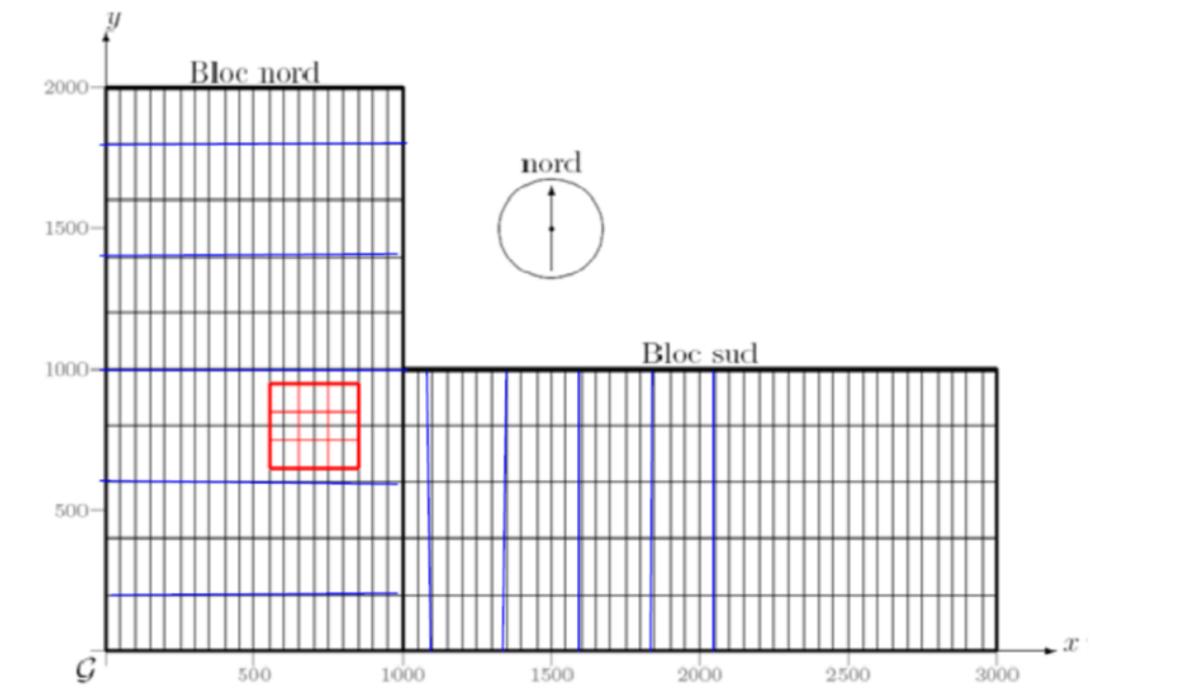


Figure 4. Dispositif permanent de 400 ha (en rouge: 9 ha de suivi de la dynamique) (Picard, 2008)

A l'issue du premier inventaire en 2008 dans la parcelle de 9 ha, 4249 arbres à DHP  $\geq 10$  cm ont été inventoriés, soit une moyenne de 472 arbres par hectare. Chaque hectare a été subdivisé en 100 placeaux de 10 m x 10 m. Dans chaque placeau, les arbres ont été inventoriés, mesurés, marqués à la peinture et positionnés (coordonnées (x, y)) (figure 5). Depuis lors, une base des données a été créée pour loger les informations relatives au dispositif de Yoko. Nous avons suivi la même procédure pour quantifier les processus de la dynamique forestière dans 2 ha (carrés 1 et 2) de la même parcelle cinq ans après les premières mesures.

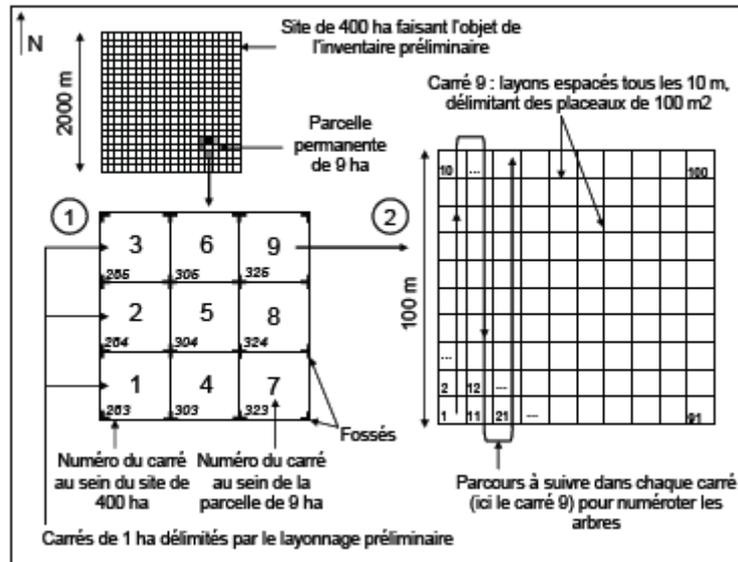


Figure 5. Numérotation des carrés, des placeaux et des arbres à l'intérieur de la parcelle permanente (Picard et Gourlet-Fleury, 2008)

### 2.2.2. Positionnement des arbres dans les parcelles

Le positionnement des arbres était déjà effectué lors du premier inventaire. Nous avons repositionné les arbres pour nous rassurer que ce sont les mêmes individus mesurés en 2008 qui ont fait l'objet des remesures en 2013. Pour bien repositionner les arbres, nous nous sommes appuyés sur un quadrillage intermédiaire qui délimite des placeaux au sein desquels la position des arbres a été déterminée : ce système permet de limiter la propagation des erreurs. Le quadrillage intermédiaire s'est appuyé sur le quadrillage initial de maille 1 ha (mis en place lors de l'inventaire préliminaire) : il lui superpose une maille plus petite, de 10 m × 10 m au minimum et de 20 m × 20 m au maximum : la taille de la maille (donc des placeaux) dépend de la structure forestière. Notre maille est ici d'une taille de 10 m x 10 m.

Une méthode classique a été utilisée pour localiser les arbres au sein des placeaux, à l'aide d'une boussole et de pentadécimètres. Deux pentadécimètres ont été positionnés au sol, en x et en y, le long des layons intermédiaires. Une personne A se déplaçait au sein du placeau et passait d'arbre en arbre. Deux personnes B et C se déplaçaient le long de chaque décamètre, avec une boussole. B (ou C) visait l'arbre A0 désigné par A en se déplaçant jusqu'à ce que la droite A0B (ou A0C) soit perpendiculaire à la direction du layon portant le décamètre. La lecture du décamètre donnait la valeur x ou y relativement à l'origine du placeau (Figure 6).

Cette méthode est simple à mettre en œuvre, fournit directement les coordonnées cartésiennes des arbres, et assure que l'erreur de positionnement est aléatoire (Picard, 2008).

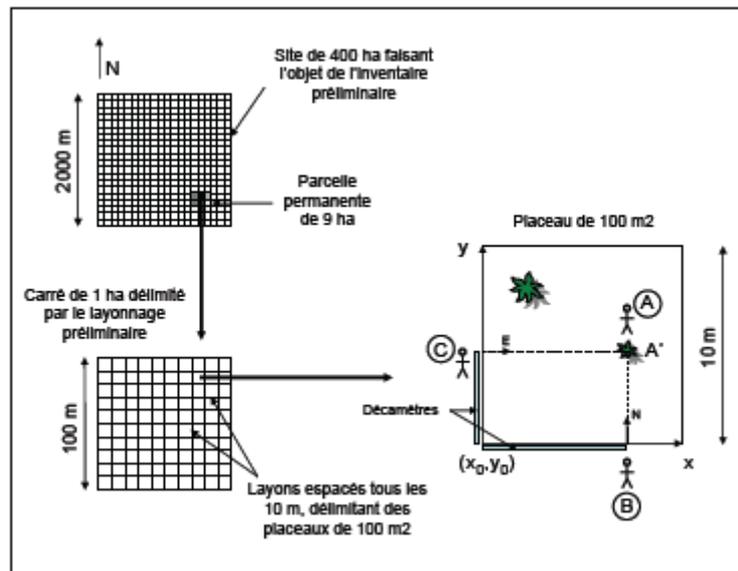


Figure 6. Positionnement des arbres par la méthode classique utilisant boussoles et pentadécamètres (Picard et Gourlet-Fleury)

Une fois que l'arbre a été bien positionné et identifié, son diamètre a été mesuré, à une hauteur matérialisée sur le tronc par un trait de peinture : 1,30 m la plupart du temps, ou bien au-dessus des gros défauts et/ou des contreforts, la peinture étant remontée le long du tronc à 4,50 m. Les mesures ont été prises au DHP-mètre. Toutes les anomalies ont fait l'objet d'une codification particulière dans la base de données qu'il s'agisse de peintures remontées ou d'un manque de cylindricité du tronc rendant la donnée de diamètre particulièrement imprécise. La structure diamétrique totale, ou répartition des tiges par classes de diamètre a été établie en prenant en compte tous les individus, toutes les espèces confondues. Elle est porteuse de certaines informations sur la dynamique du peuplement.

### 2.2.3. Arbres recrutés

Il s'agit des individus non recensés lors de la campagne d'inventaire précédente, qui ont atteint le diamètre de précomptage : ici 10 cm de diamètre à 1,30 m. La principale difficulté consiste à les repérer dans le peuplement, opération facilitée au sein des parcelles de suivi en plein où tous les arbres de plus de 10 cm de diamètre ont déjà été marqués. Ces « nouveaux » arbres (« recrutés ») ont été identifiés, marqués, mesurés et, dans les parcelles en plein,

localisés géographiquement : l'attribution de coordonnées s'est faite à partir des arbres voisins les plus proches dont les coordonnées étaient déjà connues.

#### **2.2.4. Inventaire des arbres morts**

La détection des individus morts 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 (Boyemba, 2011). Dans chaque placette de 10 m x 10 m, les individus morts ont été notés par type de mortalité selon qu'il s'agissait d'un mort sur pied ou d'un chablis.

#### **2.2.5. Analyse des données**

Les mesures des arbres ont été stockées dans la base de données. Elles ont servi à l'analyse et à la quantification des différents processus de la dynamique forestière : croissance, recrutement et mortalité, en travaillant à l'échelle de l'individu. Dans ce mémoire, nous analysons les paramètres de la dynamique dans la réserve forestière de Yoko cinq ans après les premières mesures effectuées en 2008 lors de l'installation de la parcelle. L'accroissement diamétrique  $\Delta d$ , le taux de recrutement « r » et le taux de mortalité « m » sont calculés.

##### ***1. Calcul de l'accroissement diamétrique***

La croissance est étudiée par le biais de l'accroissement en taille des individus. D'une manière générale, les arbres avec contreforts ou dont la hauteur de mesure a été remontée entre les différentes périodes d'inventaire ne sont pas pris en compte pour l'étude de l'accroissement, de même que les arbres présentant des blessures ou autres anomalies sur le tronc. L'accroissement en diamètre entre deux inventaires réalisés à  $t = t_1$  et  $t = t_2$  est exprimé de la façon suivante :

$$\Delta d = \frac{dt_2 - dt_1}{t_2 - t_1}$$

Avec :

$\Delta d$  = accroissement diamétrique ;  $dt_2$  = diamètre au temps  $t_2$  ;  $dt_1$  = diamètre au temps  $t_1$ .

Sheil (1995) note cependant que des accroissements négatifs peuvent être obtenus pour plusieurs raisons : perte d'écorce pour les espèces se desquamant, erreur de mesure, arbre mourant, etc. Dans le présent travail, les circonférences mesurées en 2008 et en 2013 ont été utilisées pour le calcul des accroissements. Le DHP est calculé à partir de la circonférence, mais seuls les arbres présents de la campagne de 2008 à celle de 2013 ont été pris en compte (les arbres morts et les nouveaux recrutés n'ont pas été considérés lors des analyses).

## **2. Calcul du taux de recrutement**

Le taux de recrutement annuel, noté  $r$ , se calcule classiquement comme le rapport entre le nombre d'arbres recrutés entre les temps  $t_1$  et  $t_2$  et le nombre total d'arbres vivants au temps  $t_1$  (de diamètre supérieur au diamètre de référence : 10 cm à 1,30 m du sol). Le recrutement, en valeur brute ou en taux annuel, peut être calculé soit en effectif, soit en surface terrière, soit en volume. Le taux de recrutement en effectif se calcule de la manière suivante :

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

Avec :

$n_{t_1, t_2}$  = nombre d'arbres recrutés entre les temps  $t_1$  et  $t_2$  ;  $N_{t_1}$  = nombre total d'arbres vivants au temps  $t_1$  (de diamètre supérieur à celui de référence)

## **3. Calcul du taux de mortalité**

Différentes méthodes de calcul sont utilisables selon les données disponibles. Comme pour le recrutement, la mortalité peut être aussi calculée en effectif, en surface terrière, ou en volume. Le calcul du taux de mortalité en effectif s'effectue de la façon qui suit :

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

Avec :

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

Un exemple d'utilisation de cette méthode se trouve dans le travail de Primack *et al.* (1985) et dans celui de Sheil & May (1996).

### **2.2.6. Traitements statistiques des données**

Le logiciel R version 2.10.0 (R Development Core Team, 2009) a permis de faire les analyses statistiques des données récoltées. L'analyse de la variance (ANOVA), qui est un test paramétrique, a été utilisée pour comparer les moyennes des accroissements diamétriques en fonction des tempéraments des espèces dans les deux carrés étudiés. En cas de différence significative, le test post-hoc de comparaison multiple de Tukey a été appliqué pour identifier les tempéraments responsables des différences.

La comparaison d'effectifs, notamment les effectifs recrutés et les effectifs morts dans différentes classes de diamètre a nécessité l'usage du test de conformité de chi-carré. Différents auteurs notent que le chi-carré doit toujours être appliqué sur des valeurs observées brutes, jamais sur des valeurs transformées (Harvey, 2002 ; Nshimba, 2008). L'utilisation de ce test suppose de respecter une autre condition, pour s'assurer de la validité des résultats : il s'agit de la règle de Cochran (Milot, 2011) qui fixe un effectif minimum dans les classes. Chaque classe doit avoir une fréquence théorique supérieure ou égale à 5. Cependant, il y a possibilité d'avoir certaines classes avec des fréquences théoriques comprises entre 1 et 5%. L'exigence est qu'un minimum de 80% de la totalité des classes ait au moins 5 effectifs théoriques. Si cette condition n'est pas remplie, le test non paramétrique de Kruskal wallis est appliqué.

## Chapitre 3. RESULTATS

### 1.1. Evolution totale en effectif et en surface terrière dans le peuplement forestier étudié entre 2008 et 2013

Au total, 945 individus (pour l'ensemble des espèces) ont été inventoriés lors de la première campagne d'inventaire réalisé en 2008 et 948 individus lors de la deuxième campagne d'inventaire effectué en 2013 (tableau 1). Ils représentent respectivement une surface terrière moyenne de  $31,97 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  en 2008 et de  $33,91 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ .

Tableau 1. Les effectifs d'individus arborescents et les surfaces terrières du peuplement étudié. NI = nombre d'individus

Paramètres structuraux	Année	
	2008	2013
Effectif total inventorié	945	948
Moyenne (ind.ha <sup>-1</sup> )	$473 \pm 16$	$474 \pm 12$
Surface terrière (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	$31,97 \pm 0,15$	$33,91 \pm 0,44$

Les surfaces terrières par classe de diamètre sont reprises dans le tableau 2. La moyenne de surfaces terrières par classe de diamètre s'est élevé à  $5,58 \pm 2,76 \text{ m}^2$  par hectare en 2008 pendant qu'en 2013, cette moyenne a été de  $6,17 \pm 2,65 \text{ m}^2$  par hectare. Durant la campagne d'inventaire de 2008, les arbres inventoriés dans les deux hectares occupaient une surface terrière totale de  $61,39 \text{ m}^2$ . Pour la deuxième campagne d'inventaire intervenue en 2013, les arbres inventoriés dans l'aire d'étude ont occupé une surface terrière totale de  $67,83 \text{ m}^2$ .

Tableau 2. Surfaces terrières par classe de diamètre

<b>Classes de diamètre</b>	<b>Surface terrière (m<sup>2</sup> pour les 2 ha)</b>	
	<b>2008</b>	<b>2013</b>
1	8,48	9,36
2	7,13	8,18
3	7,3	7,52
4	8,45	8,99
5	6,45	7,21
6	8,55	6,67
7	6,55	8,66
8	2,34	3,27
9	3,42	2,77
10	1,69	2,5
11	1,03	2,7
<b>Total</b>	<b>61,39</b>	<b>67,83</b>
<b>Moyenne par classe de diamètre</b>	<b>5,58</b>	<b>6,17</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>2,76</b>	<b>2,65</b>

## 1.2. Structure diamétrique du peuplement étudié

L'évolution des structures diamétriques entre 2008 et 2013 du peuplement étudié est illustrée dans la figure 7. La distribution a une allure de J inversé typique de celles des forêts tropicales. Ce peuplement présente de nombreux pieds de faible diamètre, les tiges sont donc bien représentées.

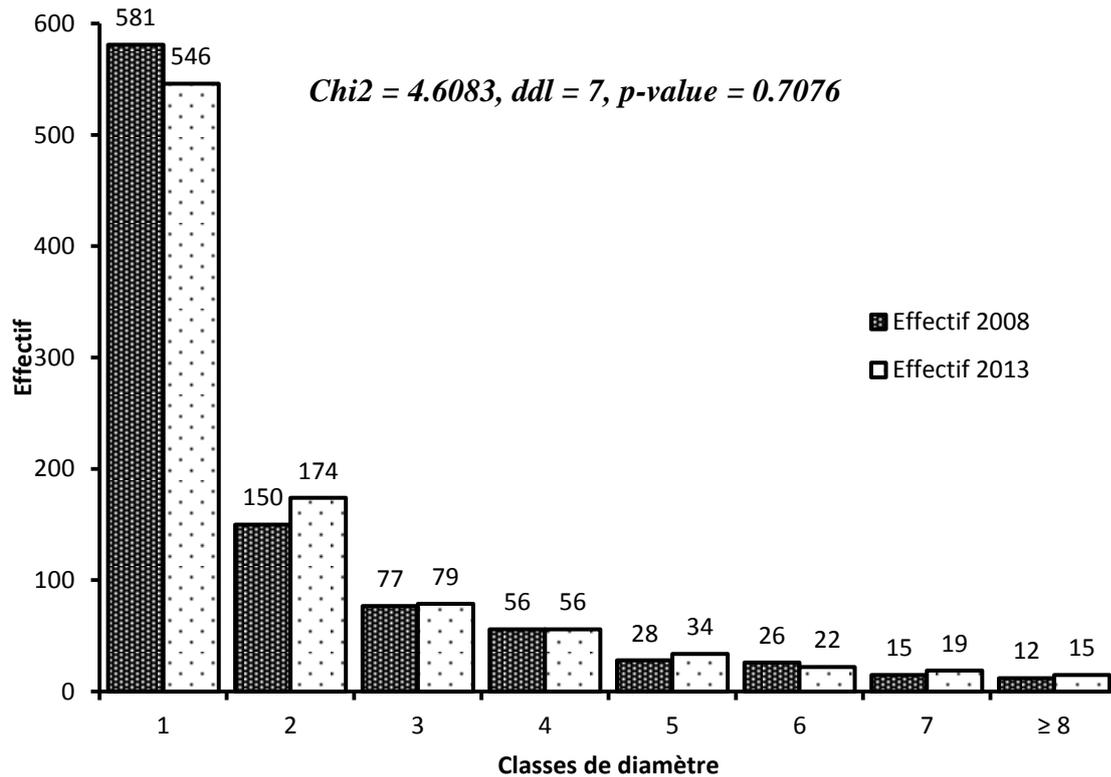


Figure 7. Evolution des structures diamétriques du peuplement étudié entre 2008 et 2013

### 1.3. Processus de la dynamique

#### 1.3.1. Accroissements diamétriques

##### 1. Accroissement moyen annuel des espèces du peuplement étudié

Le tableau 3 présente les accroissements moyens annuels des espèces inventoriées dans l'aire d'étude. L'accroissement moyen annuel est de  $0,51 \pm 0,36$  cm. L'accroissement maximum annuel est de 1,84 cm et l'accroissement minimum annuel est de 0 cm.

Tableau 3. Accroissements moyens annuels des espèces inventoriées dans l'aire d'étude

Espèces	AAM (cm)	Espèces	AAM (cm)
<i>Afzelia bipindensis</i>	0,80	<i>Julbernardia seretii</i>	0,59
<i>Aidia micrantha</i>	0,29	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	1,00
<i>Albizia gummifera</i>	0,56	<i>Lovoa trichilioides</i>	0,40
<i>Anonidium mannii</i>	0,43	<i>Manilkara sp.</i>	0,56
<i>Anthonotha fragrans</i>	0,60	<i>Massularia acuminata</i>	0,00

<i>Antiaris toxicaria</i>	1,11	<i>Microdesmis yafungana</i>	0,53
<i>Baphia dewevrei</i>	0,14	<i>Monodora angolensis</i>	0,10
<i>Blighia unijugata</i>	0,14	<i>Musanga cecropioides</i>	1,29
<i>Blighia welwitschii</i>	0,38	<i>Nesogordonia kabingaensis var dewevrei</i>	0,86
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0,75	<i>Nesogordonia kabingaensis var kabingaensis</i>	0,86
<i>Carapa procera</i>	0,37	<i>Omphalocarpum sp.</i>	1,58
<i>Celtis mildbraedii</i>	0,58	<i>Pancovia harmsiana</i>	0,32
<i>Celtis tessmannii</i>	1,60	<i>Pancovia laurentii</i>	0,38
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0,19	<i>Panda oleosa</i>	0,53
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0,93	<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	0,20
<i>Chytrantus carneus</i>	0,09	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	1,84
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	0,72	<i>Pericopsis elata</i>	1,08
<i>Coelocaryon botryoides</i>	0,64	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	0,86
<i>Cola griseiflora</i>	0,82	<i>Prioria balsamifera</i>	0,66
<i>Cynometra hankei</i>	0,77	<i>Prioria oxyphylla</i>	0,79
<i>Dacryodes edulis</i>	0,11	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	0,20
<i>Dialium excelsum</i>	0,31	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,24
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0,52	<i>Pycnanthus angolensis</i>	0,68
<i>Dialium polyanthum</i>	0,37	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	1,07
<i>Dialium sp.</i>	0,38	<i>Rinorea oblongifolia</i>	0,40
<i>Diogoia zenkeri</i>	0,37	<i>Rinorea sp.</i>	0,30
<i>Diospyros hoyleana</i>	1,00	<i>Rothmania lujae</i>	0,34
<i>Diospyros sp.</i>	0,47	<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	0,58
<i>Drypetes gossweileri</i>	0,81	<i>Staudtia gabonensis</i>	0,30
<i>Drypetes sp.</i>	0,55	<i>Sterculia tragacantha</i>	0,22
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	0,16	<i>Strombosia grandifolia</i>	0,55
<i>Fernandoa adolfi-friderici</i>	0,20	<i>Strombosia nigropunctata</i>	0,31
<i>Funtumia africana</i>	0,54	<i>Strombosia pustulata</i>	0,74
<i>Garcinia epunctata</i>	0,24	<i>Strombosiopsis tetradra</i>	0,95
<i>Garcinia smeathmannii</i>	0,39	<i>Synsepalum subcordatum</i>	0,22
<i>Garcinia sp</i>	0,54	<i>Trichilia prieureana</i>	0,33
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	0,36	<i>Trichilia sp.</i>	0,82
<i>Grewia oligoneura</i>	0,80	<i>Trichilia welwitschii</i>	0,51
<i>Guarea cedrata</i>	0,50	<i>Trilepisium madagascariense</i>	0,90
<i>Guarea thompsonii</i>	0,45	<i>Turraeanthus africanus</i>	0,68
<i>Heisteria parvifolia</i>	0,91	<b>Moyenne</b>	<b>0,51</b>
<i>Hexalobus crispiflorus</i>	1,44	<b>Ecartype</b>	<b>0,33</b>
<i>Homalium africanum</i>	0,46	<b>Maximum</b>	<b>1,60</b>
<i>Homalium sp.</i>	0,48	<b>Minimum</b>	<b>0,00</b>
<i>Irvingia gabonensis</i>	0,00		

## 2. Accroissement diamétrique en fonction des tempéraments

Les moyennes des accroissements diamétriques en fonction des tempéraments des espèces ont été calculées. La figure 8 représente les dispersions des valeurs d'accroissement diamétrique selon les tempéraments des espèces du peuplement étudié. Les pionnières présentent des accroissements diamétriques annuels moyens de  $0,69 \pm 0,53$  cm. Les semi-tolérantes ont une moyenne de  $0,52 \pm 0,38$  cm et les tolérantes à l'ombrage possèdent des accroissements moyens de  $0,39 \pm 0,17$  cm par an. L'analyse des variances a fourni une valeur de  $F = 15,247$  et un p-value égal à  $3.286e-07$ . La comparaison multiple de Tukey a donné un p-value de 0.025 entre les pionnières et les semi-tolérantes, 0.0002 entre les tolérantes et les semi-tolérantes et en fin 0.0001 entre les pionnières et les tolérantes à l'ombre.

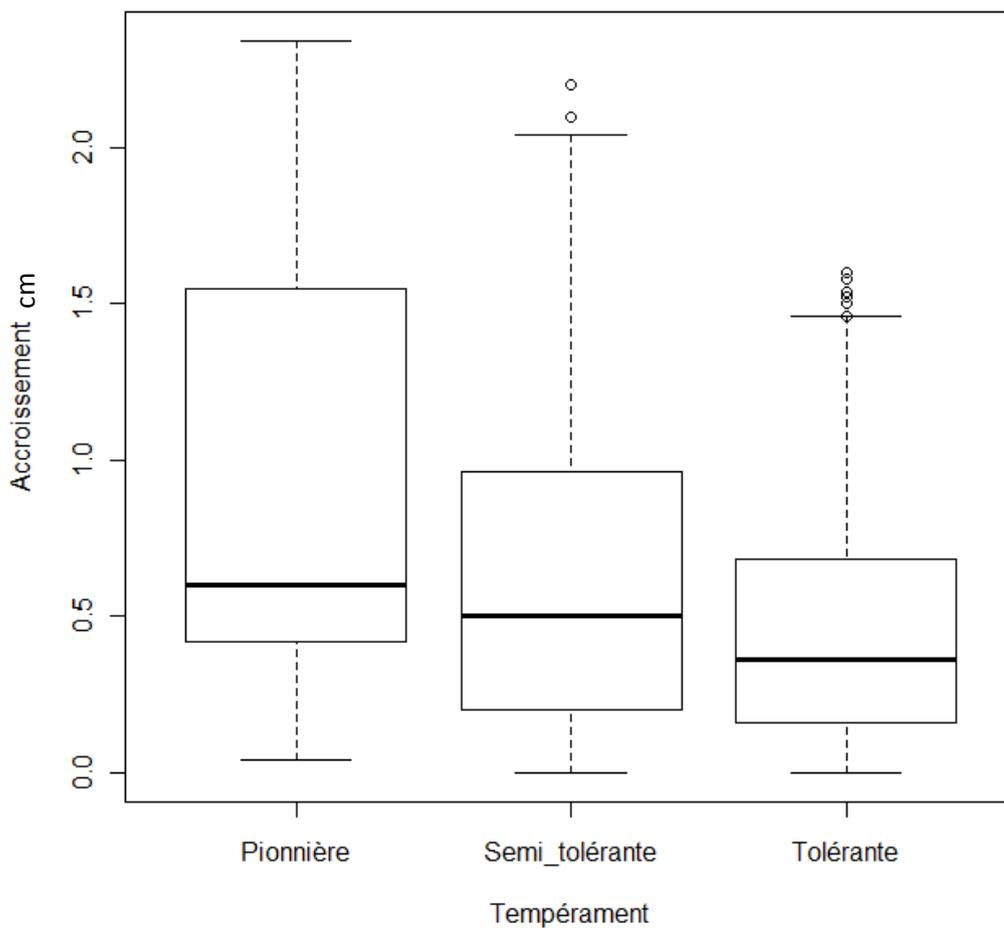


Figure 8. Dispersion des valeurs d'accroissement diamétrique des arbres du peuplement étudié

### 3. Accroissements diamétriques par classes de diamètre

Les accroissements moyens en fonction des classes de diamètre obtenus dans notre travail réalisé à Yoko sont repris dans la figure 9. Les classes 8 et 11 n'étaient constituées que d'un seul individu chacune, ce qui pourrait rendre aberrantes les données relatives aux accroissements moyens par classe de diamètre, d'où elles ont été écartées. Les accroissements diamétriques vont croissant pour atteindre le maximum à la classe 6 avant de décroître graduellement.

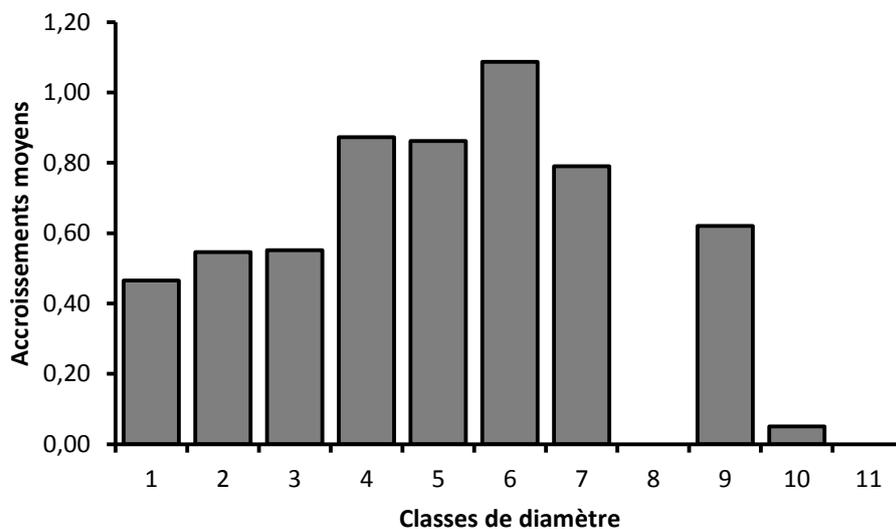


Figure 9. Accroissements moyens par classe de diamètre

#### 3.4.2. Arbres recrutés

44 individus ont été recrutés dans le peuplement étudié entre 2008 et 2013, soit un recrutement moyen de 4 individus par hectare et par an. La composition floristique du recrutement est reprise dans la figure 10. Les espèces *Aidia micrantha*, *Staudtia gabonensis* et *Pycnanthus angolense* représentent chacune 13% du total d'individus recrutés. Elles sont suivies de *Panda oleosa* et *Cola griseiflora* qui représentent chacune 10% du total recruté, les autres espèces étant moins représentées. Toutes les espèces qui ont recruté un grand nombre d'individus sont des tolérantes à l'ombre à l'exception de *Pycnanthus angolensis* qui est semi-tolérante.

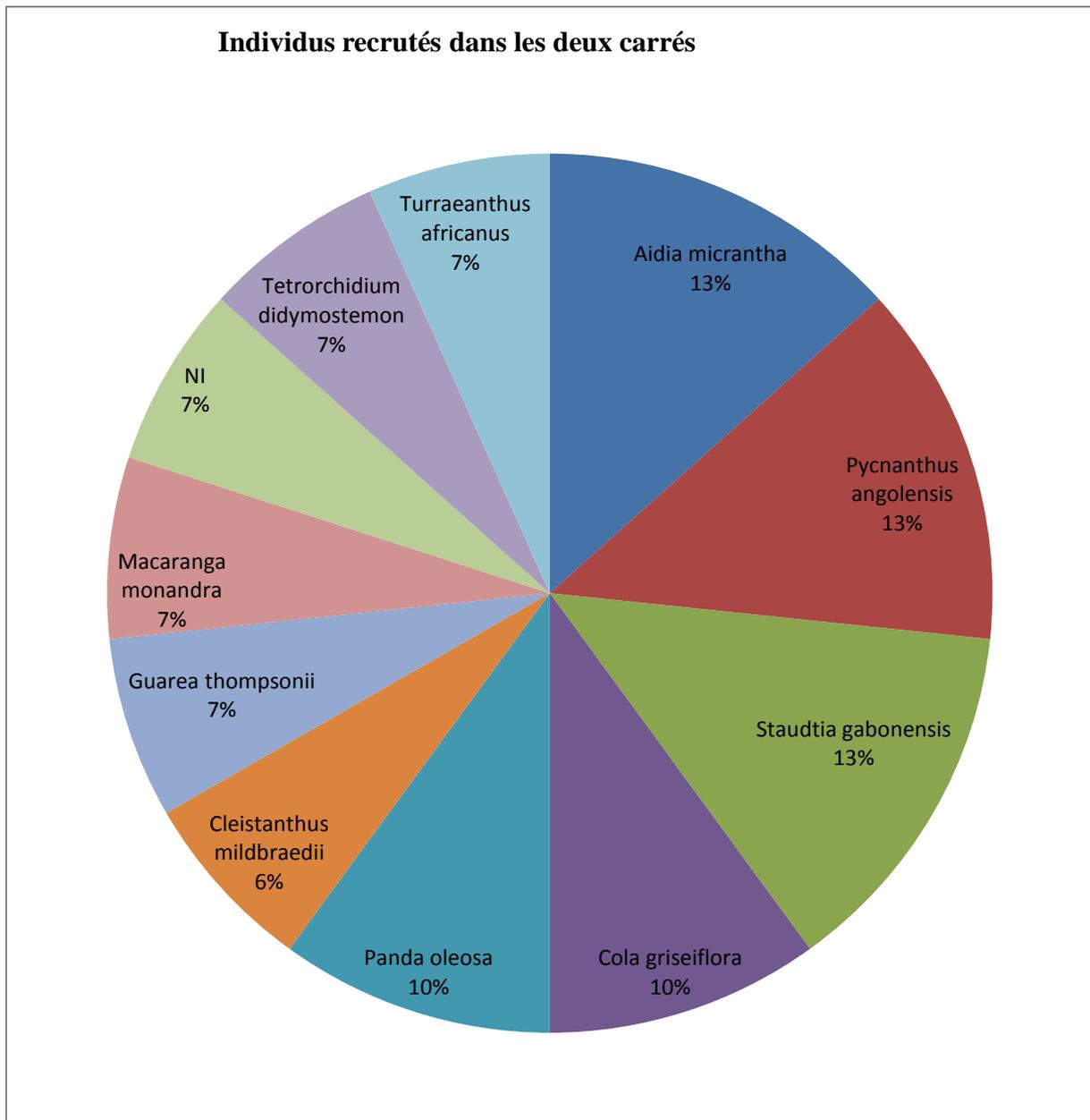


Figure 10. Composition floristique du recrutement dans le peuplement étudié

### 3.4.3. Arbres morts

#### 1. Identité spécifique

Les individus morts dans le peuplement étudié entre 2008 et 2013 sont au nombre de 30, soit une mortalité annuelle de 3,5 tiges par hectare. Le recrutement est donc légèrement supérieur à la mortalité enregistrée. La figure 11 reprend la composition floristique de la mortalité dans le peuplement étudié. Les espèces *Greenwayondendron suaveolens* et *Scorodophloeus zenkeri*

représentent chacune 21% des morts. Elles sont suivies de *Diogoa zenkeri* avec 16%, puis viennent les espèces *Microdesmis yafungana* et *Musanga cecropioides* qui représentent chacune 11% des individus morts, les autres espèces étant faiblement représentées. Toutes ces espèces sont des tolérantes à l'ombre à l'exception de *Microdesmis yafungana* qui est semi-tolérante et de *Musanga cecropioides* qui est une espèce pionnière.

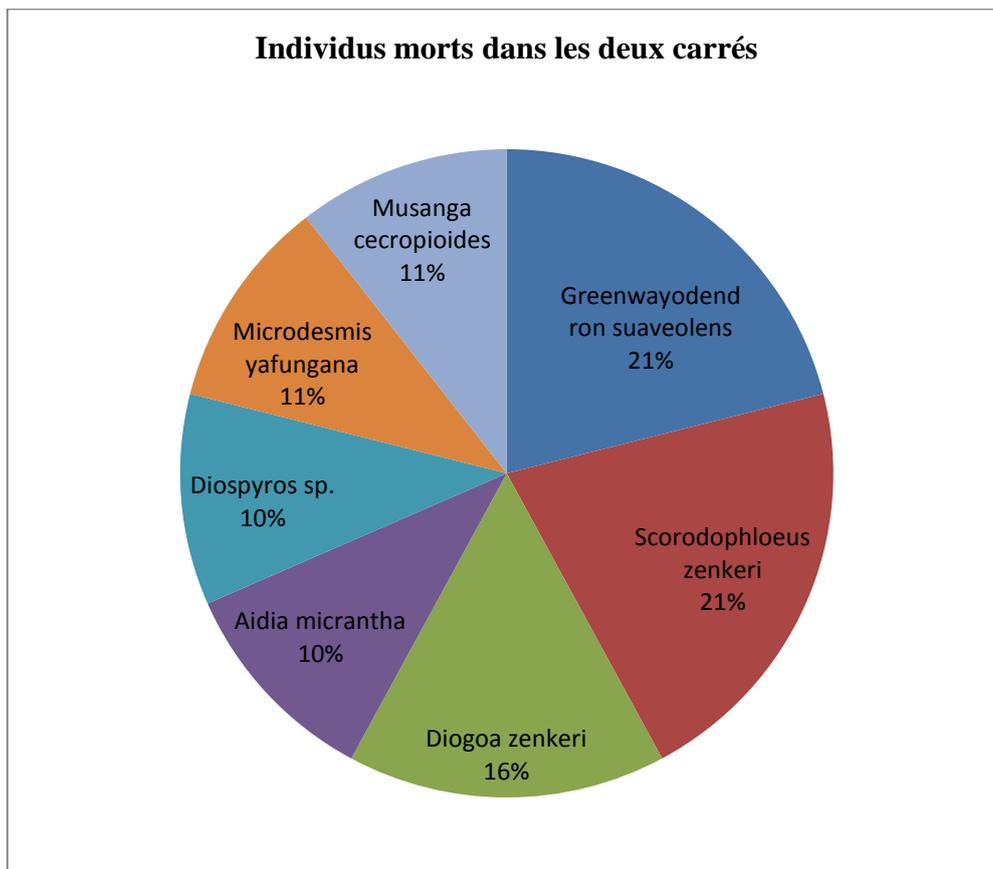


Figure 11. Identité spécifique des individus morts dans le peuplement étudié

## 2. Identité des individus morts et recrutés

L'identité des individus morts et recrutés a été prise en considération dans le cadre de ce travail, tel que repris dans le tableau 4.

Tableau 4. Identité des individus morts par rapport aux individus recrutés dans le peuplement étudié

Nom_scientifique	Tempérament	Nombre de morts	Nombre de recrutés
<i>Aidia micrantha</i>	Tolérante	2	4
<i>Barteria nigritiana</i>	Non_classé	0	1
<i>Brachystegia laurentii</i>	Non_classé	1	0
<i>Celtis mildbraedii</i>	Semi_tolérante	1	0
<i>Celtis tessmanii</i>	Semi_tolérante	0	1
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	Semi_tolérante	0	1
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	Tolérante	0	2
<i>Coelocaryon botryoides</i>	Tolérante	0	1
<i>Cola griseiflora</i>	Tolérante	0	3
<i>Cynometra hankei</i>	Tolérante	1	0
<i>Dialium polyanthum</i>	Tolérante	0	1
<i>Diogoia zenkeri</i>	Tolérante	3	0
<i>Diospyros sp.</i>	Tolérante	2	0
<i>Garcinia punctata</i>	Tolérante	1	0
<i>Garcinia smeathmannii</i>	Tolérante	1	0
<i>Glyphea brevis</i>	Tolérante	0	1
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	Tolérante	4	0
<i>Grewia trinervia</i>	Non_classé	0	1
<i>Guarea thompsonii</i>	Tolérante	1	2
<i>Homalium africanum</i>	Tolérante	0	1
<i>Macaranga monandra</i>	Pionnière	0	2
<i>Microdesmis yafungana</i>	Semi_tolérante	2	1
<i>Musanga cecropioides</i>	Pionnière	2	0
NI	Non_classé	0	2
<i>Panda oleosa</i>	Tolérante	0	3
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	Semi_tolérante	1	1
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Semi_tolérante	1	4
<i>Ricnodendron heudelotii</i>	Pionnière	0	1
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Tolérante	4	1
<i>Staudtia gabonensis</i>	Tolérante	0	4
<i>Strombosia grandifolia</i>	Tolérante	1	0
<i>Strombosia nigropunctata</i>	Tolérante	1	0
<i>Strombosiopsis tetradra</i>	Tolérante	0	1
<i>Tetrorchidium didymostemon</i>	Pionnière	0	2
<i>Trichilia sp.</i>	Tolérante	1	1
<i>Turraeanthus africanus</i>	Tolérante	0	2

### **3. Tempérament des individus morts et recrutés**

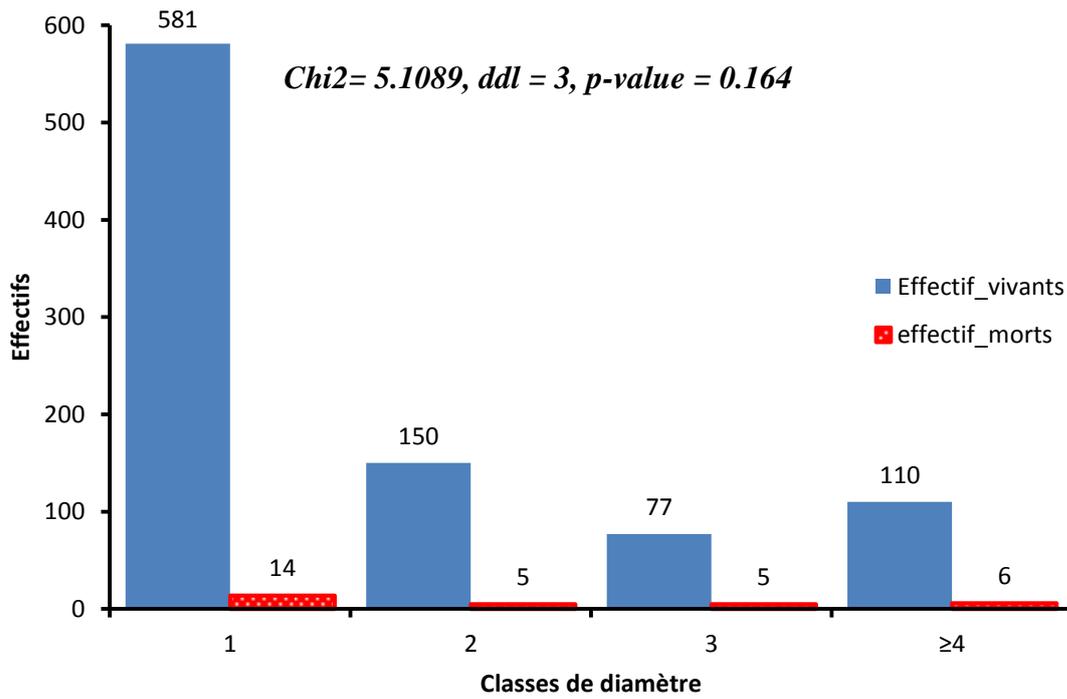
Le tableau 6 reprend le tempérament des individus morts et recrutés dans le peuplement étudié. Les pionnières présentent un taux de mortalité de 2,64%, les semi-tolérantes ont un taux de mortalité de 0,63% et les tolérantes à l'ombrage requièrent un taux de mortalité de 0,83%.

Tableau 5. Tempérament d'individus morts et recrutés. NI = nombre d'individus

<b>Tempérament</b>	<b>NI morts</b>	<b>Taux de mortalité (%)</b>	<b>NI recrutés</b>
Pionnières	2	2,64	5
Semi-tolérantes	5	0,63	8
Tolérantes	22	0,83	27

### **4. Mortalité par classe de diamètre**

La mortalité par classe de diamètre dans le peuplement étudié est reprise dans la figure 12. 14 individus sont morts dans la première classe, 5 individus le sont dans chacune des classes 2 et 3 pendant que les classes supérieures ou égales à 4 ont enregistré 6 morts.



*Figure 12. Mortalité par classe de diamètre*

### **5. Mortalité par catégorie d'arbres morts**

La figure 13 reprend la mortalité par catégorie d'arbres morts dans le peuplement étudié. Au total, 30 arbres ont été morts entre 2008 et 2013 dans l'aire d'étude. 20 individus ont été morts sur pied et 10 l'ont été par chablis.

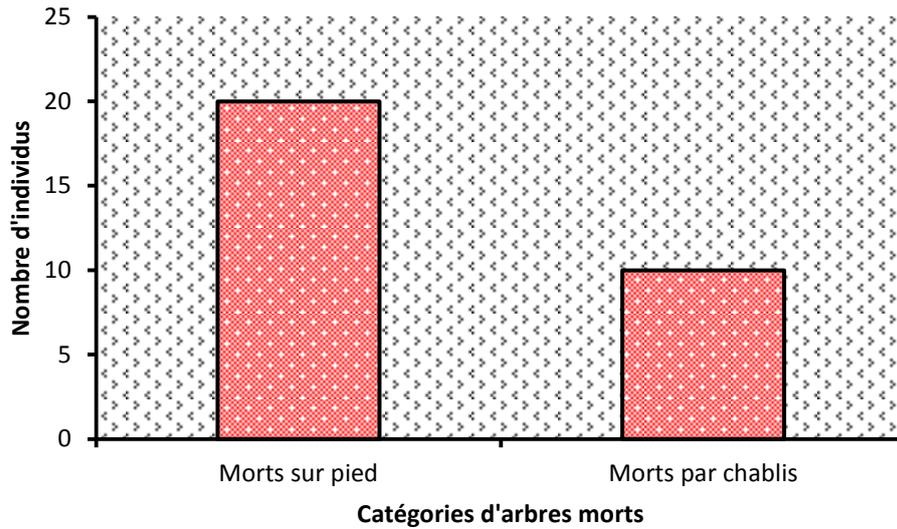


Figure 13. Nombre de morts par catégories d'arbres morts dans le peuplement étudié

#### 3.4.4. Synthèse des processus de la dynamique

Les processus de la dynamique du peuplement étudié sont repris dans le tableau 6. L'accroissement moyen cumulé entre 2008 et 2013 dans les deux carrés est de  $0,51 \pm 0,44$  cm. 44 individus ont été recrutés dans les deux carrés, soit un taux de recrutement moyen de  $1,26 \pm 0,37\%$ . Les individus morts dans les deux carrés sont au nombre de 30, soit un taux de mortalité de  $0,86 \pm 0,07\%$ .

Tableau 6. Valeurs obtenues pour l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité dans le peuplement étudié

Processus	Effectif total	Moyenne annuelle	Ecart-type
Accroissement $\Delta d$	713	0,51 cm	0,44 cm
Recrutement	44	1,26%	0,37%
Mortalité	30	0,86%	0,07%

## Chapitre 4. DISCUSSION

Dans notre étude, il a été question de quantifier les processus de la dynamique forestière. Les investigations ont porté sur deux hectares du dispositif permanent de Yoko. Dans l'aire d'étude, l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité des arbres ont été quantifiés et la partie qui suit en donne le détail.

### 4.1. Les espèces pionnières présentent des accroissements diamétriques élevés

L'accroissement moyen annuel de toutes les espèces du peuplement étudié a été de  $0,51 \pm 0,36$  cm. Ces résultats ont présenté des différences avec ceux de Gazel (1983) qui a estimé qu'en forêt naturelle non perturbée, l'accroissement moyen sur le diamètre est de moins de 0,16 cm par an. Un rapprochement s'est plutôt observé entre nos résultats et ceux de Gourlet-Fleury (1997), de Favrichon *et al.* (1998) et de Finegran *et al.* (1999) qui ont montré respectivement qu'en Guyane française (dispositif de Paracou), en République Centrafricaine (dispositif de M'baiki) et Costa Rica (forêt humide), l'accroissement annuel moyen en diamètre varie de 0,1 à 0,5 cm avec la majorité d'arbres tendant vers la valeur la plus basse.

Les résultats de notre étude ont montré que les accroissements diamétriques variaient en fonction des tempéraments. Ainsi, les espèces pionnières ont présenté des accroissements diamétriques moyens de  $0,69 \pm 0,53$  cm. Les semi-tolérantes ont révélé une moyenne de  $0,52 \pm 0,38$  cm et les tolérantes à l'ombrage ont montré des accroissements moyens de  $0,39 \pm 0,17$  cm par an. L'analyse des variances a fourni un p-value inférieur à 0,05, ce qui a permis de conclure à une différence significative. La comparaison multiple a indiqué que la différence était significative entre tous les tempéraments, mais cette différence était plus marquée entre les pionnières et les tolérantes à l'ombrage.

Ces observations ont rejoint celles de Kariuki *et al.* (2006) qui ont noté que les pionnières possédaient des valeurs élevées d'accroissement en lumière forte alors que les espèces semi-tolérantes et les tolérantes à l'ombre avaient des faibles accroissements diamétriques.

Le fort accroissement permet à ces plantes de participer précocement à la reconstitution des couverts végétaux. Vu qu'elles ne vont pas assumer la stabilité des forêts et qu'elles ont une courte durée de vie, elles accomplissent rapidement leur cycle de vie en l'emportant sur leurs

voisines. Par contre, les semi-tolérantes ont des valeurs modérées d'accroissement. Enfin, les espèces tolérantes à l'ombre présentent des faibles accroissements.

Dans son étude sur les accroissements des arbres au Cameroun, Sonké (1997) a trouvé une valeur moyenne de l'accroissement courant annuel de 0,264 cm. A cet effet, il a constitué trois groupes d'espèces : les espèces ayant une vitesse d'accroissement rapide, c'est-à-dire celles ayant un accroissement courant annuel au moins égal à 0,4 cm. Ces espèces étaient des pionnières qui atteignaient des croissances maximales de 0,81 cm par an. Dans le deuxième groupe, il a placé les espèces à accroissement modéré, c'est-à-dire avec un accroissement courant annuel compris entre 0,3 et 0,4 cm. Les espèces de cet ensemble étaient des semi-tolérantes. Les espèces tolérantes à l'ombre étaient placées dans le dernier groupe (avec un accroissement lent), c'est-à-dire ayant un accroissement courant annuel inférieur à 0,3 cm.

La différence significative de l'accroissement diamétrique révélée par l'analyse des variances et confirmée par le test de comparaison multiple permet de confirmer l'hypothèse que les accroissements diffèrent selon les tempéraments, les pionnières ayant des accroissements élevés par rapport aux semi-tolérantes et aux tolérantes à l'ombre. Sonké (1997) a également trouvé la même chose au Cameroun, où il a observé des différences significatives des accroissements des espèces en fonction de leur tempérament.

#### **4.2. La croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre**

Les accroissements moyens par classe de diamètre se sont présentés selon une courbe en cloche. La lecture de la figure 9 a montré que les accroissements moyens étaient croissants, atteignant le maximum à la classe 6 avant de décroître systématiquement. Cette observation nous a conduits au postulat selon lequel la croissance moyenne en diamètre varie en fonction des classes de diamètre selon une courbe en cloche dont le maximum est situé à la classe de 6.

Ce constat a aussi été celui de Frontier et Pichod-Viale (1993). A l'issue de leurs travaux sur le fonctionnement, l'évolution et la structure des écosystèmes, les auteurs ont noté que la croissance moyenne en diamètre variait en fonction des classes de diamètre selon une courbe généralement en cloche dont le maximum passait par les classes de 40 à 60 cm.

Par contre, Sonké (1997) a montré que l'accroissement courant annuel augmentait avec la classe de diamètre. Cette observation a résulté de ses études sur la croissance des espèces d'arbres dans la réserve du Dja au Cameroun.

### **4.3. Le taux de recrutement est fonction du potentiel de recrutement et de la vitesse de croissance des espèces**

44 individus ont été recrutés durant la période d'observation dans les deux carrés d'étude et ont représenté un recrutement annuel moyen de 4,4 individus par hectare.

Les espèces *Aidia micrantha*, *Staudtia gabonensis* et *Pycnanthus angolense* ont représenté chacune 9% du total d'individus recrutés. Elles ont été suivies de *Panda oleosa* et *Cola griseiflora* qui ont représenté chacune 7% du total recruté. Toutes les espèces qui ont recruté un grand nombre d'individus étaient des tolérantes à l'ombre à l'exception de *Pycnanthus angolensis* qui est semi-tolérante.

A Paracou, Gourlet-Fleury (1997) a indiqué que le recrutement ne compensait pas totalement la mortalité. Il représentait 0,8% du peuplement total vivant (5tiges/ha/an). L'auteur a noté cependant que les chiffres étaient très variables d'une année à l'autre et d'une parcelle à l'autre. A Yoko, nous avons enregistré un recrutement moyen de 4 tiges par hectare et par an. Le taux de recrutement par espèce est expliqué par les différences du nombre d'individus appartenant à la classe de diamètre précédant le seuil de recrutement (10 cm de diamètre ici) et par la vitesse de croissance des individus.

### **4.4. La mortalité est un phénomène aléatoire dont le taux ne dépend pas de classes de diamètre considérées**

Entre 2008 et 2013, 30 individus d'arbres sont morts dans le peuplement étudié, soit une mortalité moyenne annuelle de 3,5 individus par hectare. Les espèces *Greenwayondendron suaveolens* et *Scorodophloeus zenkeri* ont représenté chacune 13% des morts. Elles ont été suivies de *Diogoia zenkeri* avec 10%, et des espèces *Aidia micrantha*, *Diospyros sp.*, *Microdesmis yafungana* et *Musanga cecropioides* qui ont représenté chacune 7% des individus morts. Toutes ces espèces étaient des tolérantes à l'ombre à l'exception de *Microdesmis yafungana* qui est semi-tolérante et de *Musanga cecropioides* qui est une espèce pionnière. Pendant que les espèces pionnières étaient faiblement représentées dans l'ensemble des espèces recrutées, elles ont représenté une proportion importante dans l'ensemble des morts. Ceci laisse penser que la forêt de Yoko est en train de passer vers un stade plus avancé

de développement, caractérisé par moins d'individus pionniers. Mais les observations doivent s'étaler sur une période plus longue et les analyses doivent être raffinées pour confirmer cette hypothèse.

Le tableau 4 a indiqué des légères variations entre les individus morts et les individus recrutés. En général, les espèces dont les individus sont morts n'ont pas été forcément les mêmes qui recrutaient. La composition floristique serait donc en train de changer, mais il nous semble encore prématuré de confirmer cette hypothèse.

Les individus morts étaient classés dans les six premières classes de diamètre. Le pourcentage du total des vivants a indiqué une variation du taux de mortalité dans les différentes classes. Par classe de diamètre, le taux de mortalité a été de 2,2%. A Paracou, Durrieu de Madron (1994) a noté que le taux de mortalité par classe de diamètre concernait 0,7 à 2% du peuplement. Cet auteur a signalé cependant que ce taux augmentait de manière irrégulière avec le diamètre et qu'il pouvait varier du simple au double, d'une année à l'autre.

Dans notre étude, le test  $\chi^2$  a montré qu'il n'y avait pas de différence significative du taux de mortalité dans les classes de diamètre considérées au seuil de 5% tel qu'il a été illustré dans la figure 12. Cette observation nous a amené à rejeter l'hypothèse selon laquelle le taux de mortalité différait selon les classes de diamètre considérées. Elle a rencontré le point de vue de Manokaran et Kochummen (1987) cités par Sonké (1997) qui ont montré dans leur étude que la mortalité des arbres n'était pas fonction de la classe de diamètre. En effet, quelle que soit la classe d'un arbre, celui-ci était toujours susceptible de mourir. Cette affirmation a découlé d'une étude faite par ces auteurs dans une forêt à *Dipterocarpaceae* en Malaisie.

Après l'étude des peuplements d'Okoumés au Gabon, Nasi (1997) a remarqué que le taux de mortalité était plus élevé parmi les arbres de petites classes de diamètre. Sonké (1997) a fait le même constat au Cameroun. Nos analyses ne nous ont pas autorisé les mêmes conclusions.

L'allure décroissante du taux de mortalité ne peut traduire qu'une certaine compétition entre les individus d'une même classe de diamètre. Sonké (1997) a souligné que cette compétition était plus forte dans les classes présentant un effectif élevé et expliquait la diminution observée du taux de mortalité en fonction du diamètre.

Le schéma de la mort des arbres dans le temps et dans l'espace est lié à la longévité des arbres, la distribution en classes de diamètre, l'abondance des espèces ainsi que le nombre et la taille des chablis (Franklin *et al.*, 1987). Au Cameroun (réserve du Dja), Sonké (1997) a

mentionné que le taux de mortalité annuelle variait généralement entre 1 et 2% quand on considérait les arbres à diamètre au moins égal à 10 cm. Dans notre étude, nous avons obtenu un taux de mortalité de 0,86%.

Un taux de mortalité de 1,09% a été observé par Durrieu de Madron (1994) dans le dispositif de Paracou en Guyane française. Ces résultats se sont accordés avec ceux de Gourlet-Fleury (1997). L'auteur a expliqué qu'en forêt non perturbée, la mortalité touchait un peu plus de 1% du peuplement vivant. Dans les forêts du sud d'Ontario, Brent et al. (2003) ont noté des taux de mortalité variant entre 0,2 et 0,8%. Ce constat a été aussi celui de Vallauri *et al.* (2002) qui ont mentionné les taux de mortalité de 2 à 8,4 (moyenne 4,8) tiges/ha/an dans les forêts naturelles mixtes du Michigan et du Wisconsin. Dans le dispositif de Mopri, Durrieu de Madron *et al.* (1998) ont observé un taux de mortalité de 0,67%. Les mêmes auteurs ont rapporté un taux de mortalité de 0,53% dans le dispositif d'Irobo en Côte d'Ivoire. Ces valeurs sont inférieures à celles que nous avons obtenues dans le peuplement étudié à Yoko.

Somme toute, la valeur moyenne (0,51 cm par an) des accroissements diamétriques obtenue dans le peuplement étudié révèle une bonne croissance des individus d'arbres. Le taux de recrutement (1,26%) a été supérieur au taux de mortalité (0,86%). Ceci traduit un équilibre du peuplement étudié, car le recrutement compense la mortalité.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail a porté sur la quantification des processus de la dynamique forestière dans la réserve forestière de Yoko. Les paramètres analysés sont l'accroissement diamétrique, le recrutement et la mortalité des arbres entre 2008 et 2013. L'inventaire en plein a été effectué dans deux hectares du dispositif d'étude. Dans chaque carré de un hectare, les comptages étaient réalisés dans des placeaux de 10 m x 10 m où tous les arbres de diamètre supérieur ou égal à 10 cm ont été mesurés et marqués à la peinture.

La structure du peuplement analysé a l'allure de J inversé typique de celle des forêts tropicales, indiquant la présence d'un nombre élevé des jeunes tiges. Les accroissements diamétriques moyens ont été de  $0,51 \pm 0,44$  cm par an. L'analyse des variances nous a permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle les accroissements diamétriques varient en fonction des tempéraments des espèces, les espèces pionnières présentant les accroissements les plus élevés.

La croissance moyenne en diamètre a varié en fonction de classes de diamètre selon une courbe en cloche dont le maximum est passé par les classes de 40 à 60 cm. Les 44 individus ayant atteint 10 cm de diamètre ont représenté un taux de recrutement de  $1,26 \pm 0,37\%$ . Pour 30 individus morts, le taux de mortalité a été estimé à  $0,86 \pm 0,07\%$ . Soulevant des différences de mortalité non significatives au seuil de 5% à l'intérieur des classes de diamètre, le test  $\chi^2$  nous a conduit à rejeter l'hypothèse selon laquelle le taux de mortalité diffère selon les classes de diamètre considérées.

Cette étude ne s'est limitée qu'à la quantification des processus de la dynamique forestière dans deux hectares du dispositif de Yoko. En vue de permettre un suivi permanent du comportement des arbres à Yoko, des mesures annuelles sont vivement recommandées dans toute l'étendue du dispositif. De ce fait, nous suggérons que la base de données soit régulièrement mise à jour et que la détermination des 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 forêts et l'autoécologie des principales espèces d'arbres seraient intéressants à développer.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alder, D., 1983 a. Growth and yield of mixed tropical forests [I]. Current knowledge. FAO Consultancy Report. 57p.

Alvarez-Buylla, E. R., 1994. Density dependence and patch dynamics in tropical rain forests: matrix models and applications to a tree species. *Am. Nat.* 143 (1) : 155-191.

Boyemba, F., 2011. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 181p.

Clark, D. B. et Clark, D. A., 1996. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest *For. Ecol. Manage.* 80:235-244.

De Wasseige, C., De Marcken, P., Bayol, N., et Hiol Hiol, F., 2012. Les forêts du bassin du Congo – Etat des forêts 2010. Luxembourg, pp 115-128.

Debroux, L., Kaimowitz, D., Karsenty, A., Topa, G., 2007. La forêt en République Démocratique du Congo Post-conflit : Analyse d'un Agenda Prioritaire. CIFOR, Indonésie, Bogor, 51p.

Doucet, J.L, A Dissaki, A Mengome, Y Issembe. ; 2007 : Dynamiques de peuplement forestier d'Afrique centrale, ATIBT, 156p.

Doucet, J.L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, B-5030, Gembloux, 323p.

Durrieu de Madron, L., 1993. Mortalité, chablis et rôle des trouées dans la sylvigénèse avant et après exploitation sur le dispositif d'étude sylvicole de Paracou. Thèse ENGREF/CIRAD, 203p.

FAO, 2009. Situation des forêts du monde 2009. Rome : FAO, 152p.

FAO, 2010. Évaluation des ressources forestières mondiales 2010. Résultats principaux. Rome : FAO, 210p.

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, 158p.

Finegan, B., Camacho, M., and Zamora, N., 1999. Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. *Forest Ecology and Management* 121, 159-176.

Franklin, J.F., Shugart, H.H., Harmont, M.E., 1987. Tree death as an ecological process. *BioScience*, JSTOR, 29p.

Frontier, S., et Pichod-Viale, D., 1993. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Collection d'écologie 21. Masson, Paris, 2 ed., 447p.

Gazel, M., 1983. Croissance des arbres et productivité des peuplements en forêt dense équatoriale de Guyane. Rapport O.N.F., 129p.

GIEC, 2000. L'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie. Rapport GIEC, Montréal, Canada.

Gourlet-Fleury, S., 1997. Modélisation individuelle spatialement explicite de la dynamique d'un peuplement de forêt dense tropicale humide (dispositif de Paracou - Guyane française). Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon I / CIRAD, 274p.

Harvey, A.R., 2002. Factors affecting implementation of recovery plans. *Eco soc America*. 17p.

Horne, R. and Gwaller, J., 1982. The recovery of rainforest following logging. 1. Subtropical rainforest. *Australian Forest Research* 13, 29-44. Isbell, R.F. (1998) *The Australian Soil Classification*. CSIRO Publishing Collingwood, Victoria, Australia.

Kahindo, J-M., 2011. Potentiel des produits forestiers autres que le bois d'œuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* de Wild et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la réserve forestière de Yoko (Province Orientale, R.D. Congo). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, UNIKIS, 269p.

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, R., 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* Sprague & Hutch. (Ubundu, Province Orientale, RDC. Mémoire de DEA, 122p.

Kombele, F., 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 421p.

Korning, J. and Baslev, H., 1994. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. *J. Trop. Ecol.* **10**, 151-166.

Lebrun, J. & Gilbert, G. 1954. – Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, Série Sc. N° 63, 89p.

Lescuyer, G., Cerutti, P.O., Manguiengha, S.N., 2012. Recherche sur les écosystèmes forestiers dans la zone COMIFAC. CIRAD, Rapport COMIFAC, Cameroun, Douala. pp 1-12

Lomba, B. C. et Ndjele, M. B., 1998. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la Réserve de Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo. Annales Faculté des Sciences, vol. 11, UNIKIS, pp.35 – 45.

Lomba, B.C., 2011. Système d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko et Biaro

(Ubundu, Province Orientale, R.D. Congo). Thèse de doctorat, Faculté des sciences, UNIKIS, 239p.

Mayaux, P., et al., 2003. A land cover map of Africa. Carte de l'occupation du sol de l'Afrique. Luxembourg : European Commission. *Journal of biogeography*, 31 : 861-877.

Millot, G., 2011. Comprendre et réaliser les tests statistiques à l'aide de R. Manuel de biostatistique.

Myers, N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, n° 403, p. 853 – 858.

Nasi, R., 1997. Les peuplements d'Okoumé au Gabon : leur dynamique et croissance en zone côtière. *Bois et forêts des tropiques*, pp 22-46.

Ndjele, M - B., 1988. Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, 528p.

Nshimba, S.M., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Thèse de doctorat, ULB, labo. Bot. Syst., 272p.

Nyakabwa, M., 1982. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de doctorat, Vol I, Fac. Sci., UNIKIS, 999p.

Pascal, J. P., et Pélissier, R., 1996. Structure and floristic composition of a tropical evergreen forest in south-west India. *J. Trop. Ecol.* 12 : 191-214.

Picard, N. et Gourlet-Fleury, S., 2008. Manuel de référence pour l'installation des dispositifs permanents en forêts de production dans le bassin du Congo. CIRAD, Rapport COMIFAC, 265 p.

Picard, N., 2007. Dispositifs permanents pour le suivi des forêts en Afrique Centrale : un état des lieux. CIRAD, Rapport COMIFAC, 67p.

Primack, R.B., Ashton, P.S., Chai, P., Lee, H.S., 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, east Malaysia. *Ecology* 66 (2) : 577-588

R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org>.

Senterre, B., 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat, ULB, 344p.

Sheil, D. et May, R. M., 1996. Mortality and recruitment rate evaluation in heterogeneous tropical forests *J. Ecol.* 84 : 91-100.

Sheil, D., 1995. A critique of permanent plot methods and analysis with examples from Budongo forest. Uganda, *Forest Ecology and Management*. 77: 11-34.

Sonké, B., 1997. Etudes floristique et structurale des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 276p.

Strayer, D., et al., 1986. Longterm ecological studies: an illustrated account of their design, operation, and importance to ecology. Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, USA. Occasional Publication 2.

Swaine, M.D. and Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* 75: 81-86.

Swaine, M.D. et al., 1987. Dynamics of tree populations in tropical forest. *J. Trop. Ecol.* 3(4) : 289-369. INRA-ENGREF. 3: 331-345.

White, F., 1979. The guineo – congolian region and its relationships to other phytochoria. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 49, 11 – 55 p.

White, F., 1983. The vegetation of Africa. Paris, UNESCO, 356p.

## ANNEXES

Tempéraments de quelques espèces arborescentes de la réserve forestière de Yoko

Nom pilote	Nom scientifique	Famille	Tempérament
Doussié bip	<i>Afzelia bipindensis</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Ianolo	<i>Aidia micrantha</i>	<i>Rubiaceae</i>	Tolérante
Mepepe	<i>Albizia gummifera</i>	<i>Fabaceae</i>	Pionnière
Ebom	<i>Anonidium mannii</i>	<i>Annonaceae</i>	Tolérante
Kibakoko	<i>Anthonotha fragrans</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i>	<i>Moraceae</i>	Pionnière
Inongo	<i>Baphia dewevrei</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Axonong uni	<i>Blighia unijugata</i>	<i>Sapindaceae</i>	Tolérante
Axonong wel	<i>Blighia welwitschii</i>	<i>Sapindaceae</i>	Semi_tolérante
Aiyele	<i>Canarium schweinfurthii</i>	<i>Burseraceae</i>	Semi_tolérante
Bolongoto	<i>Carapa procera</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Ohia mild	<i>Celtis mildbraedii</i>	<i>Cannabaceae</i>	Semi_tolérante
Longhi afri	<i>Chrysophyllum africanum</i>	<i>Sapotaceae</i>	Semi_tolérante
Carne	<i>Chytrantus carneus</i>	<i>Sapindaceae</i>	Tolérante
Ngangu grandes feuilles	<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	<i>Phyllanthaceae</i>	Tolérante
Ekoune na mokili	<i>Coelocaryon botryoïdes</i>	<i>Myristicaceae</i>	Tolérante
Cola gris	<i>Cola griseiflora</i>	<i>Malvaceae</i>	Tolérante
Nganga	<i>Cynometra hanki</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Safoutier	<i>Dacryodes edulis</i>	<i>Burseraceae</i>	Semi_tolérante
Eyoum excel	<i>Dialium excelsum</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Maku rouge	<i>Dialium pachyphyllum</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Eyoum corbi	<i>Dialium polyanthum</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Eyoum sp	<i>Dialium sp.</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Diogoa	<i>Diogoa zenkeri</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Eben hoy	<i>Diospyros hoyleana</i>	<i>Ebenaceae</i>	Tolérante
Ebene sp	<i>Diospyros sp.</i>	<i>Ebenaceae</i>	Tolérante
Yungu	<i>Drypetes gossweileri</i>	<i>Putranjivaceae</i>	Tolérante
Drypetes sp	<i>Drypetes sp.</i>	<i>Putranjivaceae</i>	Tolérante
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	<i>Meliaceae</i>	Semi_tolérante
Lototo	<i>Fernandoa adolfi-friderici</i>	<i>Bignoniaceae</i>	Pionnière
Mutondo afri	<i>Funtumia africana</i>	<i>Apocynaceae</i>	Semi_tolérante
Bosefe	<i>Garcinia epunctata</i>	<i>Clusiaceae</i>	Tolérante
Bompoma blanc	<i>Garcinia smeathmannii</i>	<i>Clusiaceae</i>	Tolérante
Garcinia sp	<i>Garcinia sp</i>	<i>Clusiaceae</i>	Tolérante
Otunga	<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	<i>Annonaceae</i>	Tolérante
Grewia oli	<i>Grewia oligoneura</i>	<i>Malvaceae</i>	Tolérante
Bossé clair	<i>Guarea cedrata</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Bossé foncé	<i>Guarea thompsonii</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Bombasi	<i>Heisteria parvifolia</i>	<i>Erythraliaceae</i>	Tolérante
Mbula ndombe	<i>Hexalobus crispiflorus</i>	<i>Annonaceae</i>	Tolérante

Homa afri	<i>Homalium africanum</i>	<i>Salicaceae</i>	Tolérante
Dibamba	<i>Homalium sp.</i>	<i>Salicaceae</i>	Tolérante
Andok	<i>Irvingia gabonensis</i>	<i>Irvingiaceae</i>	Tolérante
Alumbi	<i>Julbernardia seretii</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Eveuss petites feuilles	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	<i>Irvingiaceae</i>	Pionnière
Dibetou	<i>Lovoa trichilioides</i>	<i>Meliaceae</i>	Semi_tolérante
Manilkara sp	<i>Manilkara sp.</i>	<i>Sapotaceae</i>	Tolérante
Weo	<i>Massularia acuminata</i>	<i>Rubiaceae</i>	Tolérante
Yafungana	<i>Microdesmis yafungana</i>	<i>Pandaceae</i>	Semi_tolérante
Wingo	<i>Monodora angolensis</i>	<i>Annonaceae</i>	Tolérante
Parasolier	<i>Musanga cecropioides</i>	<i>Urticaceae</i>	Pionnière
Kotibe dewe	<i>Nesogordonia kabingaensis var dewevrei</i>	<i>Malvaceae</i>	Tolérante
Kotibe kabinga	<i>Nesogordonia kabingaensis var kabingaensis</i>	<i>Malvaceae</i>	Tolérante
Omphalo sp	<i>Omphalocarpum sp.</i>	<i>Sapotaceae</i>	Tolérante
Panco harm	<i>Pancovia harmsiana</i>	<i>Sapindaceae</i>	Tolérante
Botende	<i>Pancovia laurentii</i>	<i>Sapindaceae</i>	Tolérante
Afane	<i>Panda oleosa</i>	<i>Pandaceae</i>	Tolérante
Lubese	<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Mubala	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Afromosia	<i>Pericopsis elata</i>	<i>Fabaceae</i>	Pionnière
Essia	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	<i>Lecythidaceae</i>	Semi_tolérante
Tola	<i>Prioria balsamifera</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Tchitola	<i>Prioria oxyphylla</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Bokongola	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	<i>Combretaceae</i>	Semi_tolérante
Padouk vrai	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	<i>Fabaceae</i>	Semi_tolérante
Ilomba mokili	<i>Pycnanthus angolensis</i>	<i>Myristicaceae</i>	Semi_tolérante
Essessang	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	Pionnière
Rino oblong	<i>Rinorea oblongifolia</i>	<i>Violaceae</i>	Tolérante
Rino sp	<i>Rinorea sp.</i>	<i>Violaceae</i>	Tolérante
Rothmania lujae	<i>Rothmania lujae</i>	<i>Rubiaceae</i>	Tolérante
Divida	<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	<i>Fabaceae</i>	Tolérante
Niové	<i>Staudtia gabonensis</i>	<i>Myristicaceae</i>	Tolérante
Lintzu	<i>Sterculia tragacantha</i>	<i>Malvaceae</i>	Pionnière
Lintzu	<i>Sterculia tragacantha</i>	<i>Malvaceae</i>	Pionnière
Booko	<i>Strombosia grandifolia</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Nigro	<i>Strombosia nigropunctata</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Afina	<i>Strombosia pustulata</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Afina	<i>Strombosia pustulata</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Botaka	<i>Strombosiopsis tetradra</i>	<i>Strombosiaceae</i>	Tolérante
Wisangila	<i>Synsepalum subcordatum</i>	<i>Sapotaceae</i>	Tolérante
Bokoko	<i>Trichilia prieureana</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Bokoko	<i>Trichilia prieureana</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Trichilia sp	<i>Trichilia sp.</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante

Soko blanc	<i>Trichilia welwitschii</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante
Osomzo	<i>Trilepisium madagascariense</i>	<i>Moraceae</i>	Tolérante
Avodiré	<i>Turraeanthus africanus</i>	<i>Meliaceae</i>	Tolérante