

Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko en R.D.Congo.

SHALUFA ASSANI Nicole¹, ROBBRECHT Elmar², KATUSI LOMALISA Roger³, NSHIMBA SEYA WA MALALE Hippolyte³, NTAHOBAVUKA HABIMANA Honorine⁴ et MANGAMBU MOKOSO Jean de Dieu^{5,*}

¹. Université de Kisangani, Centre de surveillance de la biodiversité, Laboratoire d'Écologie Terrestre, B.P. 2012 Kisangani, R.D.Congo.

². Université d'Anvers, Jardin Botanique National de Belgique, Département des Plantes Vasculaires Domaine de Bouchout, Nieuwelaan 38, Meise, B-1860, Belgique

³. Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Écologie et Gestion des Ressources Végétales, B.P. 2012 Kisangani, R.D. Congo.

⁴. Université de Kisangani, Faculté des Sciences, Département d'Écologie et Gestion des Ressources Végétales, Laboratoire de Palynologie, Anatomie du bois et la biodiversité forestière, B.P. 2012 Kisangani, R.D. Congo.

⁵. Université Officielle de Bukavu, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire de Systématique végétale de Biodiversité, B.P. 570 Bukavu, R.D. Congo.

*Auteur correspondants : mangambu2000@yahoo.fr, mangambu@gmail.com et mangambu@live.be

Mots-clés : Structure, Dispersion Spatiale, Abondance, *Guarea thompsonii*, Yoko

Key words: Structure, Spatial dispersal, Abundance, *Guarea thompsonii*, Yoko

1 RESUME

La présente étude s'est basée sur l'étude floristique de deux peuplements à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) dans le bloc Nord sur les dispositifs permanents placés dans la Réserve Forestière de la Yoko (RFY). Cette réserve fait partie de l'un des vestiges des forêts ombrophiles 'primaire' dans la cuvette centrale de la République Démocratique du Congo (RDC) en province Orientale (P.O). Un échantillonnage de la végétation y a été effectué en considérant dans chaque peuplement un dispositif deux hectares pour chacun. Tous les individus de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. à dbh \geq 10 cm ont été inventoriés et aussi la position de chaque pied a été prise suivant le système de coordonnées (x, y) de Goreaud (2000). Les individus d'autres espèces ont été aussi inventoriés et leurs à dbh \geq 10 ont été pris en compte. Les données obtenues ont été traitées par des méthodes statistiques, pour déterminer la structure, abondance et dispersion spatiale. Après les analyses, les structures diamétriques des individus de différentes espèces sont en « *J inversé* » au sein de ces deux peuplements. Les individus de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. ont des surfaces terrières égales et sont distribués en grande partie de manière aléatoire au sein de deux peuplements. Le deuxième peuplement est plus diversifié que le premier ; l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms ainsi que les familles des Annonaceae et des Meliaceae sont à la fois abondantes et dominantes au sein de ces peuplements.



SUMMARY

This study is based on the floristic study of two populations of *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaceae) in the north block where permanent devices were placed in the Yoko Forest Reserve (YFR). This reserve is from one of the remains of the "primary" Rainforest in the central basin of the Democratic Republic of Congo (DRC) in Orientale Province (PO). A sampling of the vegetation was carried out by considering a device in each two hectares population. All the *G. thompsonii* Sprague et Hutch. with *Diameter at breast height* (dbh) ≥ 10 cm were recorded and the position of each foot has been taken along the coordinate system (x, y) of Goreaud (2000). Individuals of other species were also recorded and to their dbh ≥ 10 taken into account. The data obtained were processed with statistical methods to determine the structure, abundance and spatial dispersion. After the analyzes, the diametric structures of the different species were an "inverted J" in these two populations. The individuals of *G. thompsonii* Sprague et Hutch. have equal burrow surfaces, and are randomly distributed in major part within the two populations. The second population is more diversified than the first; the *Scorodophloeus zenkeri* Harms species and the *Annonaceae* and *Meliaceae* families are both abundant and dominant in these populations.

2 INTRODUCTION

La forêt est une phytocénose en perpétuel renouvellement, mettant en jeu des processus de mortalité et de la régénération (Pascal 2003 ; Bogaert et Mahamane, 2005 ; Masharabu 2011 ; Mangambu et al. 2013 ; Kumba et al., 2013). Ces derniers sont amplifiés par l'apparition de trouées dans le couvert forestier dont les origines sont diverses (chablis, volis, exploitation forestière, incendies, défrichement, Riéra et Alexandre, 1988 ; Masumbuko et al., 2013 ; Mangambu et al., 2013a). Ces microclimats forestiers engendrés sont ainsi périodiquement modifiés par ces accidents naturels ou provoqués par l'homme (Riéra et Alexandre, 1988 ; Clark, 1990 ; Hawthorne, 1994 ; Whitmore, 1994 ; Hall et al., 2003 ; Bogaert et Mahamane, 2005 ; Clerici et al., 2007). Dans le cadre de l'aménagement forestiers, il est nécessaire de prendre en compte la régénération acquise au niveau du peuplement d'avenir et de renouvellement des espèces forestières pour maintenir la productivité végétale (Bogaert et Mahamane, 2005 ; Nshimba et al., 2008 ; Masumbuko et al., 2013 ; Mangambu et al., 2013a). Les forêts tropicales, non seulement elles sont riches en diversité spécifique, elles se caractérisent

également et surtout par une diversité structurale, émanant d'une multiplicité des conditions écologiques, même à l'échelle locale (Riéra et Alexandre, 1988 ; Collinet 1997 et Mangambu et al., 2014). Dans ce contexte, la plupart des pays tropicaux, les forêts constituent une source financière très importante (Buttoud, 1991 ; Garba-Lawal, 1993 ; Sodefor, 1988 ; Boyemba, 2011) et les espèces commerciales font l'objet d'une exploitation intensive depuis plusieurs décennies dans les forêts tropicales africaines (Boyemba, 2011 ; Mangambu et al., 2014). Ce commerce de bois tropicaux représente environ 10 % des échanges mondiaux, soit plus de 6 milliards de dollars par an (Zobi, 2002 et Macedo et al., 2008). C'est le cas de plusieurs des espèces des Fabaceae, Meliaceae, (Boyemba, 2011) qui sont exploitées par la plupart des sociétés multinationales sans suivre de plan d'aménagement (Alexandre 1982 ; Boyemba, 2011). Pourtant, la valorisation de ces essences précieuses est essentielle car elle constitue la meilleure garantie pour le maintien à long terme de grands massifs forestiers, en dehors des aires protégées (Debroux, 1998, et Macedo et al., 2008). De cette manière, il est

également nécessaire de prendre en compte, dans le cadre du suivi des plans d'aménagement, la réponse du peuplement à l'exploitation des essences, que ce soit au niveau de la régénération acquise ou au niveau du peuplement d'avenir (Durrieu de Madron, 1999 ; Myers, 2000; Hall et al., 2003 ; Hall et al., 2004 ; Mangambu et al., 2013a). En République Démocratique du Congo (RDC) en général et en particulier la région de Kisangani, les structures des populations d'arbres sont également mal connues. Mais il y a quelques

travaux y référents (Katusi, 2009 ; Shaumba, 2009 ; Boyemba, 2011 ; Kumba et al., 2013). Cependant, l'insuffisance des connaissances biologiques et écologiques de ces essences constitue une limite et un grand handicap à la bonne gestion de ces ressources en forêts (Bibani Marga et al, 1998 et Mengue-Medou, 2002). Pour cette raison, il nous a paru important de focaliser notre attention sur la population de l'espèce *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Photos : 1 et 2) qui est l'un de grands arbres des forêts tropicales humides africaines.



Photos 1 et 2. A gauche, le pied de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. numéroté dans la parcelle permanente de Yoko (bloc 1) et à droite rameaux fleuri. (Photos Mangambu, 2011). Une espèce à fut large en contreforts qui peut atteindre une vingtaine ou quarantaine de mètres de haut en couronne dense. Écorce gris foncé à brun moyen, plus ou moins lisse, à latex blanc collant. Fleurs jaunes ; fruits mûrs orange ou rouge violacé ; graines entourées d'un arille orangé. Espèce à distribution guinéenne d'Afrique centrale (République du Congo, RDC et Gabon).

Ses propriétés et son abondance dans les peuplements forestiers font qu'elle soit à l'heure actuelle parmi les espèces exploitées d'Afrique pour être utilisé en menuiserie et pour la fabrication des mobiliers, les placage et contreplaques des caisse, les charpentes de maisons (photos : 3 et 4) et la population locale

se serve pour la fabrication du charbon en bois. (Adeito, 2012). Vu sa qualité marchande et son exploitation accrue dans notre région, il nous est impérieux d'approfondir sa structure et sa dispersion spatiale en vue de sa gestion et son exploitation durable. D'où le choix justifié de cette espèce qui est la plus exploitée ce dernier

temps tant par les sociétés multinationales que par les exploitants artisanaux dans les forêts des environs de Kisangani. Cette étude est basée sur l'étude floristique de deux peuplements à *G. thompsonii* Sprague et Hutch. (*Meliaceae*) dans le

bloc Nord sur les dispositifs permanents placés dans la Réserve Forestière de la Yoko (RFY). Cette réserve fait partie de l'un des vestiges des forêts ombragées dans la cuvette centrale de la RDC en Province Orientale (P.O).



Photos 3 et 4. A gauche, le bois d'œuvre provenant de l'arbre de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. et droite les grumes de même espèce coupés dans la forêt environnante de la ville de Kisangani (Province Orientale, RDC, Photos Mangambu, 2011).

L'objectif de ce travail est de contribuer à la connaissance de la composition floristique de peuplement à *G. thompsonii* dans la réserve forestière de la Yoko (RFY) en cuvette forestière centrale. Nous allons déterminer la diversité spécifique de ces deux peuplements;

caractériser les structures diamétriques des individus de différentes espèces inventoriées au sein de ces deux peuplements. Et nous allons déterminer les surfaces terrières et le caractériser spatial des individus de *G. thompsonii* au sein de ces deux peuplements.

3 METHODOLOGIE

3.1 Site d'étude : Cette étude a été menée dans la Réserve Forestière de la Yoko (RFY) située à 32 km de la ville de Kisangani sur la rive gauche du fleuve Congo, dans le territoire d'Ubundu en Province Orientale ($0^{\circ}29'10''N$; $25^{\circ}28'91''E$). Cette forêt est située sur un plateau entre 400 à 450 m d'altitude et est caractérisée par une faible pente de 0-5 % d'inclinaison à inférieur à 45 % le long d'une grande dépression où coule un ruisseau (Boyemba, 2011 ; Kumba et al., 2013). Suite à sa localisation dans la zone équatoriale, la RFY bénéficie d'un climat équatorial. La température moyenne mensuelle varie entre 22,4 et 29,3 °C,

avec une moyenne annuelle proche de 25 °C (Kumba et al., 2013). Comme c'est le cas dans toute la zone de la cuvette forestière centrale, les précipitations annuelles varient entre 1500 et 2000 mm, avec une moyenne de 1750 mm (Boyemba, 2011). D'après le système de classification de Köppen, la RFY se retrouve dans la zone climatique de type Af. (Lomba, 2012). Le substrat pédologique est constitué de deux grands groupes (Kumba et al., 2013). Il s'agit notamment des sols ferrallitiques, bruns et rouges à jaunes constituant la majeure partie des sols de la région et les sols récents ou faiblement évolués, de type beaucoup plus

local, alluvionnaires, hydromorphes, partiellement sableux dans la dépression et les

berges du ruisseau (Lomba, 2012 ; Kumba *et al.*, 2013).

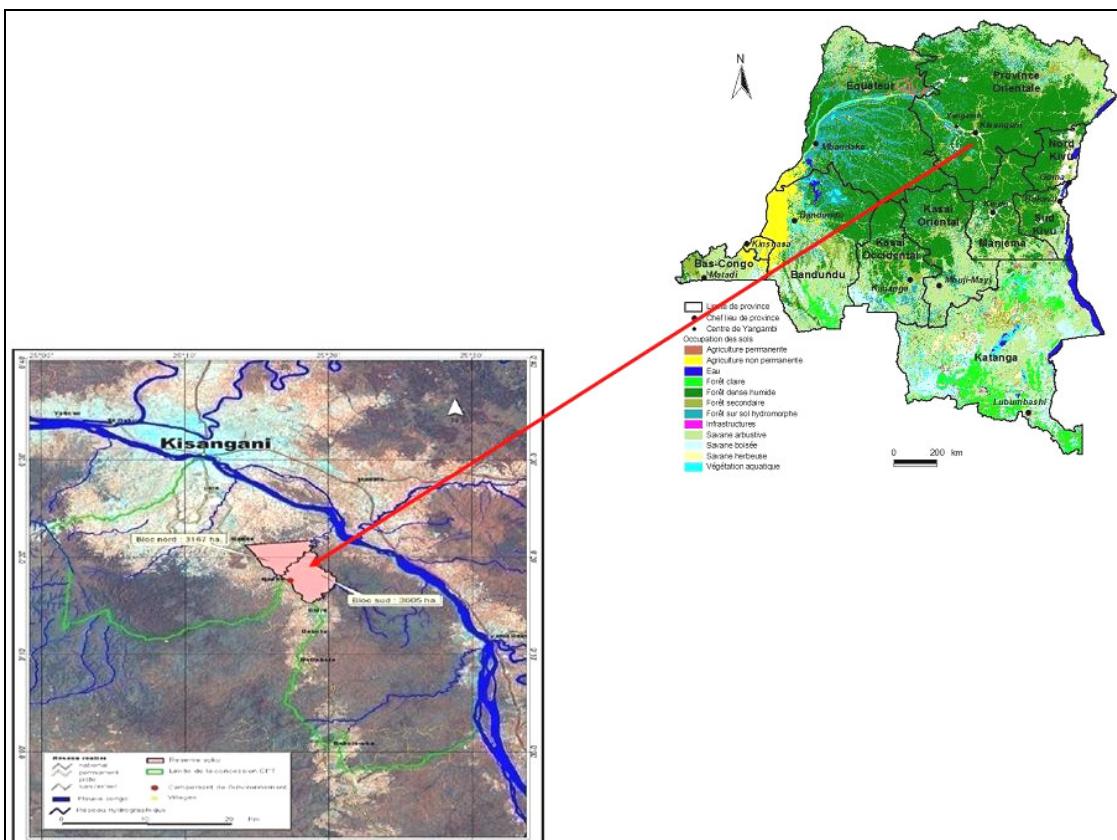


Figure 1. Localisation des sites d'échantillonnages dans la R.F.Y (Boyemba, 2011, modifiée).

3.2. Approches méthodologiques et modèles statistiques

3.2.1 Choix, délimitation, inventaire et identification : Le choix des peuplements a été basé sur la distribution de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. dans le bloc Nord du dispositif permanent issu de données de pré-inventaire effectué en 2007 par le projet REAFOR en coopération avec CIRAD (Picard & Gourlet-Flery, 2008) tel que présenté dans la figure 2. Cette figure montre le site d'inventaire qui a été réalisé sur une superficie de un ha chacun distant de 700 m de longueur au bloc Nord du dispositif. Dans chaque hectare, nous avons 5 placettes de 20 m x 100 m. Toutes les

espèces ont été inventoriées et leurs circonférences dbh ≥ 10 cm ont été prisées. Pour les individus à *G. thompsonii* Sprague et Hutch. hormis le dbh ≥ 10 cm, nous avons pris des coordonnées x et y selon la méthode de Picard (2008). Les identifications des espèces amorcées sur le terrain ont été vérifiées à la fois par comparaisons avec les spécimens de référence conservés aux herbiers de l'Université de Kisangani en R.D. Congo et au Jardin Botanique National de Belgique à Meise. En plus nous avons utilisé les flores et ouvrages botaniques concernant l'Afrique tropicale et les catalogues de mise à jour taxonomique de Lebrun et Stork (1991-2010).

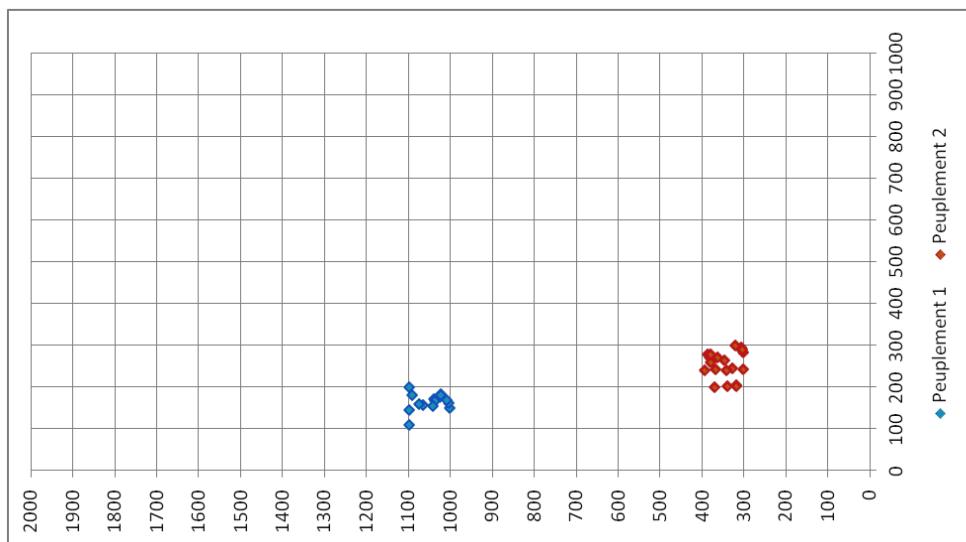


Figure 2 : Représentation du dispositif permanent avec les 2 parcelles d'étude dans le bloc Nord de la RFY

3.2.2. Analyses des données : Nous avons utilisé pour cette étude deux sortes d'analyses, quantitative et les indices de biodiversité.

3.2.2.1 Analyse diamétrique et structurale : Le diamètre relevé sur les arbres a permis de calculer la surface terrière (*ST*) des peuplements étudiés et d'établir la distribution des tiges en classes de diamètre de 10 cm (Lejoly, 1993 ; Hardy, 2009). La *ST* s'exprime en mètre-carré par hectare (m^2/ha), et se calcule pour chaque individu à partir de cette formule :

$$ST = D^2 x / 4 \text{ où } D : \text{diamètre à } 1,30 \text{ m du sol et } (Pi) : 3,14$$

3.2.2.2. Étude quantitative : La détermination quantitative des données se traduit par leur nature structurale qui n'est qu'un ensemble des paramètres ; notamment la distribution spatiale, la densité des espèces et les relations qui s'interfèrent entre ces dernières (Lejoly, 1993 ; He et al., 1997 ; Jongkind, 2004).

- Abondance ou densité relative d'une espèce et d'une famille : c'est la densité relative d'une espèce ou d'une famille correspondant au nombre total d'individus d'espèce ou d'une famille dans l'échantillon multiplié par 100 (Jongkind, 2004)

$$\text{Densité relative d'une espèce} = \frac{ne}{N} \times 100$$

où

ne : nombre individus d'une espèce et *N* : le nombre total d'individus dans l'échantillon.

$$\text{Densité relative d'une famille} = \frac{nf}{N} \times 100$$

où

nf : nombre individus d'une famille et *N* : le nombre totale d'individus dans l'échantillon.

- Dominance relative d'une espèce ou d'une famille : la dominance relative est le rapport de la surface terrière occupée par une espèce ou une famille à la surface terrière totale multipliée par 100 (Lejoly, 1993). Elle s'exprime en pourcentage (%).

$$\text{Pour l'espèce} = \frac{\int te}{\int St} \times 100 \text{ et pour la}$$

$$\text{famille} = \frac{\int fe}{\int St} \times 100$$

Où $\int te$: surface terrière d'une espèce, et $\int tf$: surface terrière d'une famille et St : surface terrière totale dans l'échantillon. (Jongkind, 2004).

3.2.2.3 Indice de diversité : Une multitude d'indices sont développés et ceux utilisés dans cet article sont les indices de Shannon, Piélo, Margalef et Simpson (Krebs, 1994 et



Margurran, 2004) par le logiciel PAST (Hammer et al., 2001). Mais pour déterminer les différentes agrégations de l'essence étudiées au sein des peuplements, l'usage du logiciel R nous a permis de calculer la fonction K de Ripley.

- **Indice de diversité de Shannon (H')**, 1949 repris par Grall et Hily 2003 (indique la richesse en espèces au sein d'un écosystème local).

$$H' = -\sum [(N_i / N) * \log_2 (N_i / N)]$$

N_i est le nombre total d'individus d'une espèce donnée (i variant de 1 à Σ), Σ est le nombre total d'espèces et N est le nombre total d'individus. Lorsque $H' = 0$, tous les individus du peuplement appartiennent à une même espèce.

4 RESULTATS

Dans ce point, nous présentons les résultats obtenus en deux parties. La première s'intéresse des résultats des indices de la biodiversité, de la structure diamétrique et de la distribution spatiale de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch et la seconde démontre les résultats sur l'étude quantitative. Les résultats globaux, obtenus sur l'étude floristique dans deux peuplements, a conduit à l'inventaire de 824 individus qui sont regroupés en 83 espèces différentes appartenant en 29 familles différentes.

4.1. Diversité, surface terrière et structure diamétrique dans deux peuplements

4.1.1. **Détermination des indices de diversité**: Après les analyses, les indices de diversité utilisés confirment la diversité des espèces au sein de deux peuplements à *G. thompsonii* Sprague et Hutch. L'indice de Shannon tout comme ceux de Margalef et Simpson sont plus élevés dans les deux parcelles permanantes (Shannon : $t = 31,4$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,02025 < 0,05$ et Simpson : $t = 123$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,004897 < 0,05$). Ce qui stipule une richesse spécifique élevée et une

- **L'équitabilité de Piélou (EQ)**: est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon et le nombre N d'espèces présentes. Il exprime la régularité, la répartition équitable des individus au sein des placettes (Khem et al., 2004 ; Mangambu et al., 2013b).

$$EQ = ISH / \log_2 (N)$$

- **Indice de diversité de Margalef (D)**: mesure la richesse spécifique (Magurran, 2004) et montre une relation linéaire parfaite entre cet indice et la richesse spécifique (Gamito, 2010 ; Mangambu et al., 2013b). Il se traduit par la formule suivante : $D = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$

Avec S nombre d'espèces et N nombre d'individus, soit le nombre de présences dans les transects.

équitabilité au sein des placeaux de cette forêt ou de cet écosystème monodominant de *Scorodophloeus zenkeri* Harms (ça montre donc une équitabilité élevée au sein de deux peuplements à *G. thompsonii* Sprague et Hutch.). L'équitabilité de Piélou calculée en considérant les espèces recensées sur chacun des deux placeaux est 1 (Tableau 1). Cette forte valeur (1) reflète partout une distribution équitable de ces espèces sur deux peuplements. Ceci montre aussi l'ubiquité de la correspondance des sites prospectés d'un grand nombre d'espèces sur l'étendue totale de l'échantillonnage, peu d'entre elles sont confinées sur un intervalle altitudinal restreint de plus au moins 400 mètres. En autre, les analyses effectuées, les différences de densité sont significatives entre les deux peuplements ($t = 8,3$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,08, p > 0$) tel que présenté dans la figure 3. Celle-ci montre qu'au sein de deux peuplements, les densités sont respectivement de 362 individus/ha pour le premier peuplement (P_1) et de 461 individus pour le deuxième peuplement (P_2).

Tableau 1. Calcul de valeurs moyennes des indices de diversité dans les différentes placettes permanantes.

	S1	S2
<i>Taxa_S</i>	44	62
<i>Dominance_D</i>	0,007	0,007194
<i>Simpson_1-D</i>	0,9416	0,9562
<i>Shannon_H</i>	3,392	3,615
<i>Margalef</i>	27,13	28,67
<i>Equitability_J</i>	1	1

4.1.2. Surface terrière de deux peuplements : Les surfaces terrières totales sont respectivement égales à $26,41 \text{ m}^2/\text{ha}$ ($3,7729 \pm 1,1284 \text{ m}^2/\text{ha}$) pour le premier peuplement (P1) et à $35,18 \text{ m}^2/\text{ha}$ ($5,0255 \pm 2,2292 \text{ m}^2/\text{ha}$) pour le deuxième peuplement (P2) ($t = 7$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,09 > 0,05$). En tenant compte des boîtes à moustache, 50 % des individus de différentes classes de diamètre ont des surfaces terrières comprises entre 3,2 à 4,2 m^2/ha au sein du premier peuplement tandis qu'au sein du deuxième peuplement, elles sont comprises entre 3,5 à 6,4 m^2/ha . ($t = 7$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,09 > 0,05$), (Figure 3).

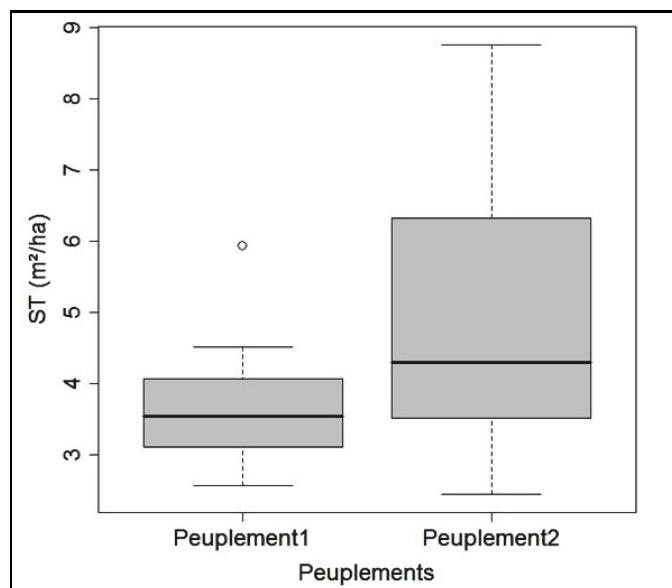


Figure 3 : Dispersion des valeurs des surfaces terrières au sein de deux peuplements. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne; la barre basse indique la surface terrière minimale, la barre haute indique la surface terrière maximale.

4.1.3. Structure diamétrique de deux peuplements : Les structures diamétriques de deux peuplements présentent une courbe en forme de « J inversé » avec un décalage au niveau de la classe allant de 40-49,99 cm dans le premier peuplement et au niveau des classes de

40-49,99 cm et 50-59,99 cm dans le deuxième peuplement (Figure 5). De plus L'évolution de la richesse spécifique suivant la classe diamétrique est décroissante (figure 1). Une différence apparaît clairement entre la parcelle 1 et la parcelle 2.

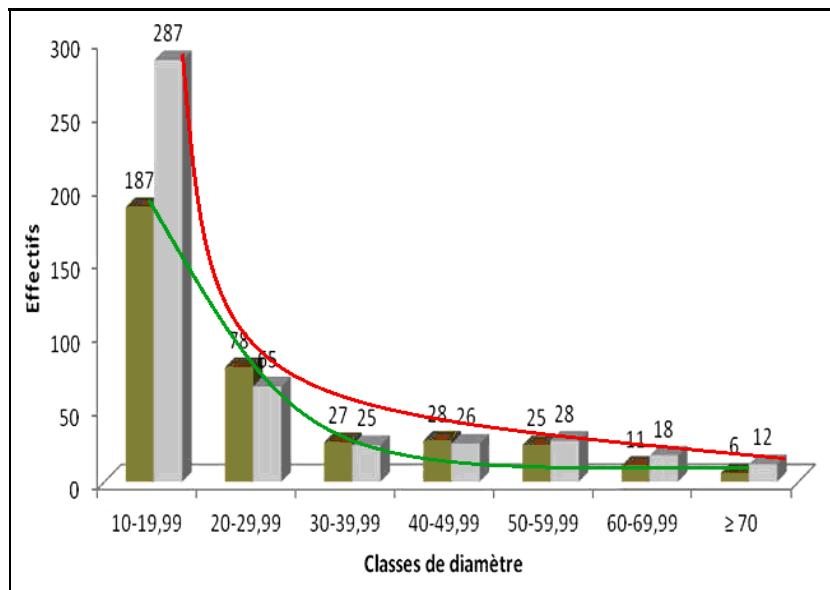


Figure 4 : Distribution et courbes cumulées des individus de différentes espèces en fonction des classes de diamètre.

4.1.5. Distribution spatial : Dans le premier peuplement (figure 5 a), les individus sont distribués de manière aléatoire de 3 à 37 m, puis agrégative de 37 à 39 m et enfin, redevient aléatoire au-delà de 39 m de la distance d'analyse tandis qu'au deuxième peuplement (figure 5 b), ils sont distribués de manière aléatoire de 5 à 38 m, puis uniforme de 38 à 42 m et enfin, redevient aléatoire au-delà de 42 m de la surface d'analyse. Il convient de signaler que de 0 à 3 m et de 0 à 5 m respectivement pour le premier et le deuxième peuplement, les individus sont distribués de manière uniforme bien que les courbes se confondent avec l'enveloppe de confiance.

4.2 Étude quantitative de deux peuplements

4.2.1. Densité relative des espèces et au sein de la famille : L'analyse d'abondance relative des espèces montrent qu'il n'est pas le même dans le deux peuplement figure 6 (a et b). Au sein du premier peuplement, l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms est plus dense (17%). Elle est suivie de *Polyathia suaveolens*

Engl. & Diels avec 8%, *Anonidium mannii* (Oliv.) Engl. & Diels et *Heisteria parvifolia* Sm. ont chacune (7%) et l'espèce *Cola griseiflora* De Wild. (5%). Les espèces (*G. thompsonii* Sprague et Hutch, *Staudia gabonensis* Warb. et *Trichilia prieureana* Juss.), ont chacune 4%. Les autres espèces restant sont moins dense de 4%. Tandis qu'au sein du deuxième peuplement, la densité de l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms vient aussi à première position avec 12%. Elle est suivie des espèces *Cola griseiflora* De Wild. qui a 10% et *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin (5% chacune). Les espèces (*Aidia micrantha*, *G. thompsonii* Sprague et Hutch, *Diogoa zenkeri* (Engl.) Exell & Mendonça, *Drypetes likwa* J. Léonard, *Glossera multinervis* Pax. et *africanus* Hook.F) ont chacune 4% du point de vue densité. Les autres espèces sont moins abondantes. Ces résultats provenant de deux peuplements prouvent que nous avons effectués nos inventaires et analyses sur une forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms.

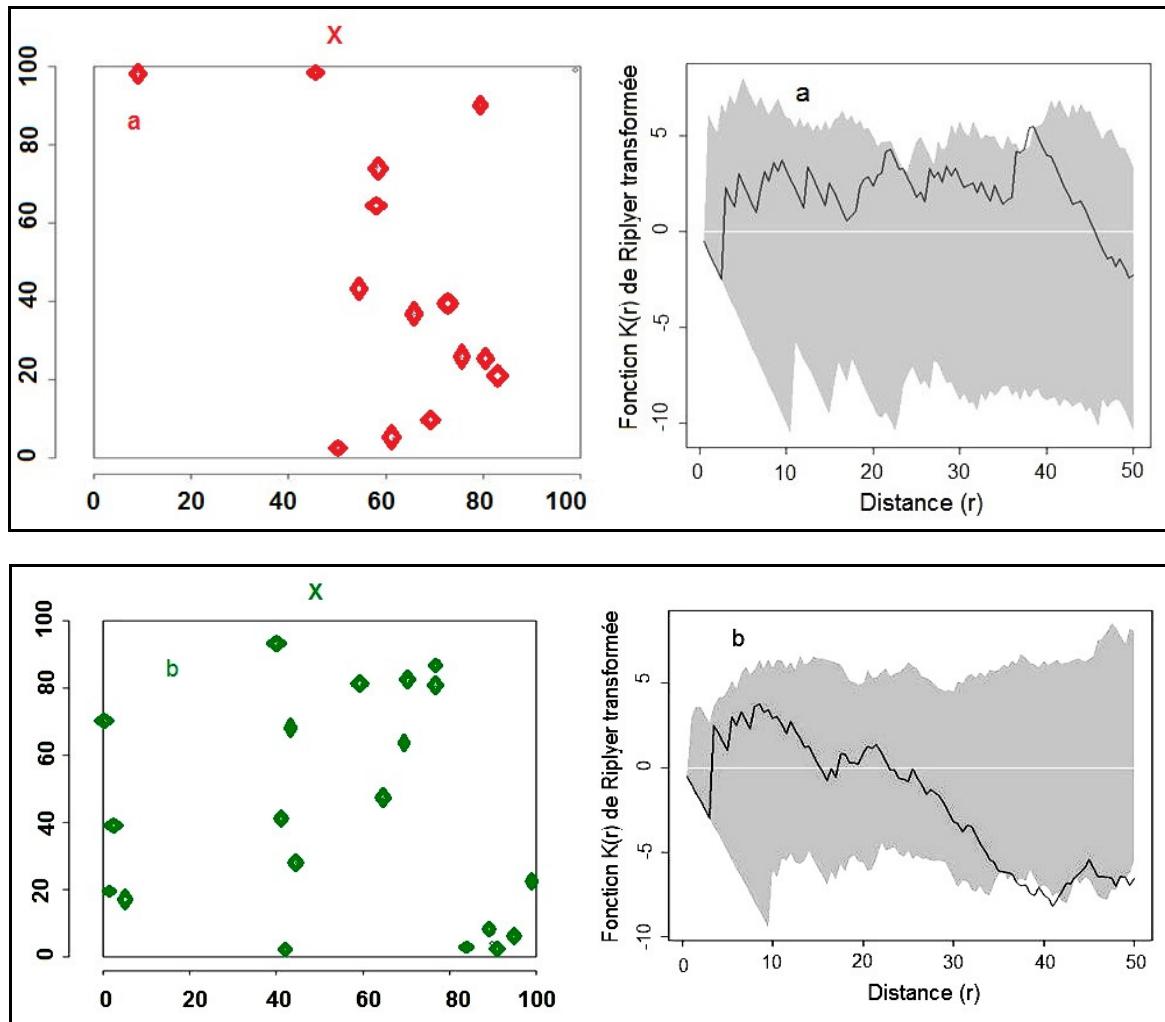


Figure 5 (a et b) : Caractérisation spatiale des individus de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch (a : premier peuplement et b : deuxième peuplement). La zone grise indique l'intervalle de confiance au seuil $\alpha = 0,05$ et la ligne sinusoïdale en noir montre la distribution des individus dans la surface d'étude. Si la courbe passe au-dessus de l'intervalle de confiance, la distribution est agrégative tandis que si elle passe en dessous, elle est régulière. Mais si elle passe dans l'intervalle de confiance, elle est aléatoire.

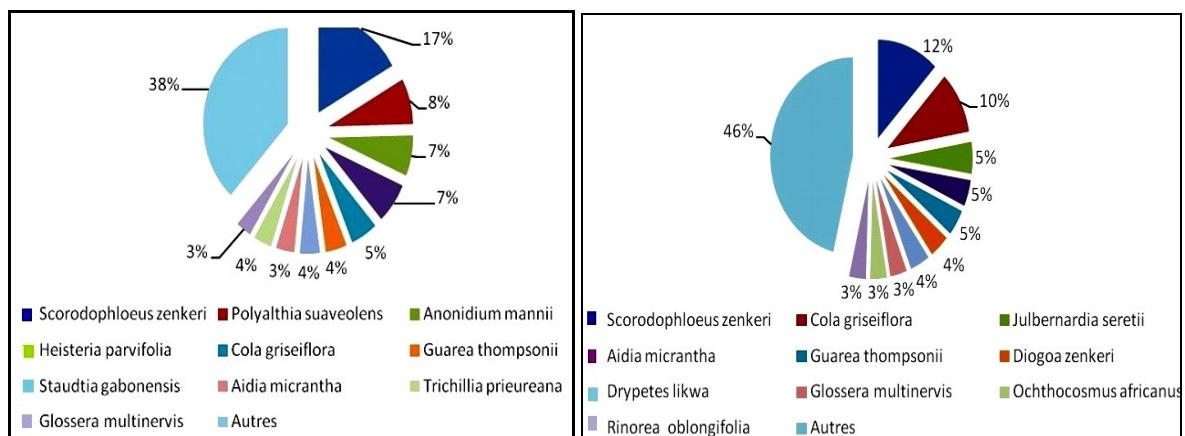


Figure 6 (A et B) : Densité relative des espèces, A (peuplement 1 à gauche) et B (peuplement 2 à droite).

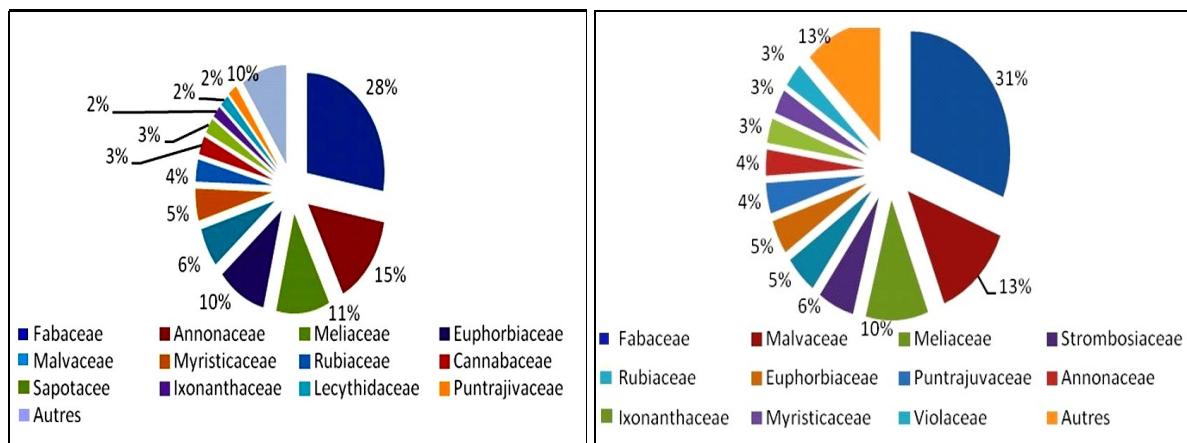


Figure 7 (A et B). Densité relative au sein de la famille, A (peuplement 1 à gauche) et B (peuplement 2 à droite).

4.2.2. Dominance relative des espèces et des familles : Les résultats obtenus pour la dominance relative des espèces se trouvent dans les figures 8 (A et B). La lecture de cette figure montre qu'au sein du premier peuplement, l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms a une dominance relative élevée par rapport aux autres, elle représente 35 % de la surface totale. Elle est suivie d'*Anonidium manni* (Oliv.) Engl. & Diels qui a 6% et *Polyathia suareolens* Engl. & Diels (5%). Les autres espèces (*Pericopsis elata* (Harms) van Meeuwen, *Cynometra hankei* Harms, *Hesteria parviflora* De Wild., *Chrysophyllum lacourtianum* De Wild. ont chacune une dominance relative équivalente à 4% pour chacune. Les autres espèces non citées, ont une dominance relative moins de 4%. Tandis qu'au sein du deuxième peuplement, l'espèce toujours *Scorodophloeus zenkeri* Harms qui a une

dominance relative élevée (24%) cette fois ici suivie de *G. thompsonii* Sprague et Hutch. (11%) et *Prioria oxyphylla* (Harms) Breteler (8%) tandis que les autres espèces ont chacune une dominance relative faible à celle *Prioria oxyphylla* (Harms) Breteler (Figures 8, A et B). Pour ce qui est de la dominance relative au sein des familles tel que présenté dans les figures 9 (A et B) montre que dans le premier peuplement, la famille des *Fabaceae* domine avec 52% de la totalité des espèces inventoriées dans ce peuplement. Elle est suivie des *Annnonaceae* (11%), des *Meliaceae* (9 %). Les autres familles ont chacune la dominance relative inférieure à ces 3 familles. Tandis qu'au niveau du deuxième peuplement, la famille des *Fabaceae* domine (54%), suivie des *Meliaceae* (15%). Les autres familles ont chacune la dominance relative inférieure à ces 15%. (Figures 9, A et B).

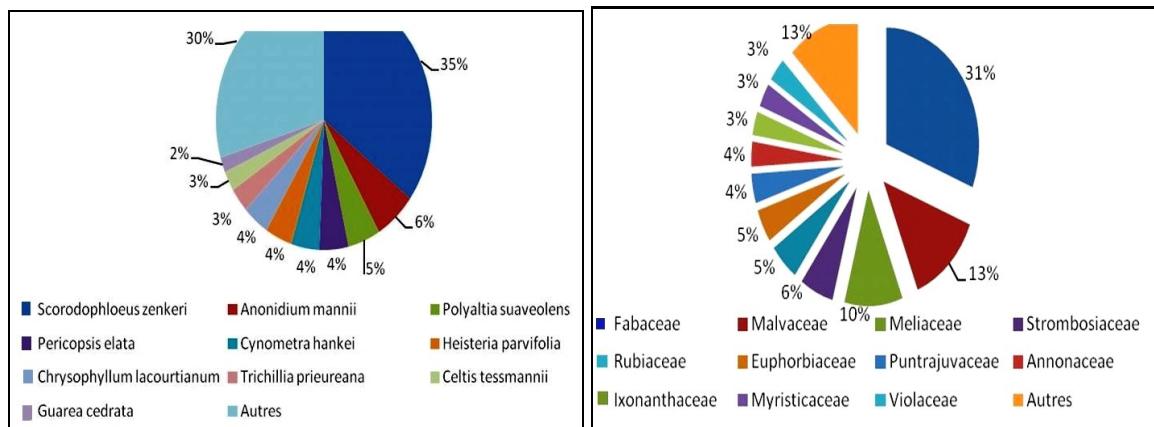


Figure 8 (A et B). Dominance relative des espèces, A (peuplement 1 à gauche) et B (peuplement 2 à droite).

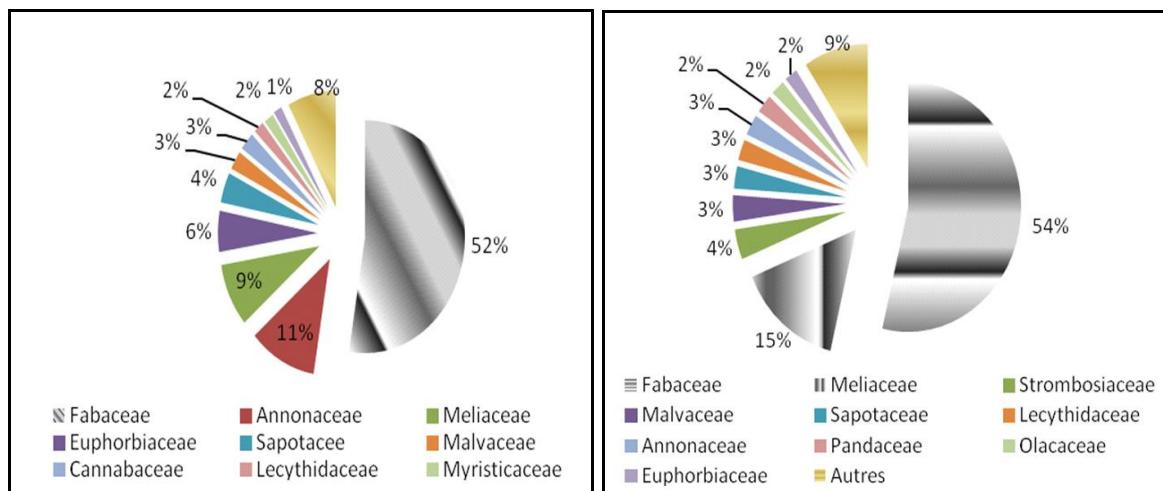


Figure 9 (A et B). Dominance relative des familles, A (peuplement 1 à gauche) et B (peuplement 2 à droite).

5 DISCUSSIONS

5.1. Structure diamétrique et diversité floristique : Plusieurs chercheurs se sont accrochés sur l'étude de la structure diamétrique des forêts tropicales dont (Zobi et Clark, 1984 ; Condit *et al.*, 1992, Condit *et al.*, 1998, Sonke et Lejoly, 1998; Condit *et al.*, 2002) et tant d'autre. Tous ces chercheurs concluent que les distributions diamétriques de tous les arbres d'un peuplement, des espèces confondues, montrent des caractères d'allure commune. Autrement dit, ils démontrent que le nombre d'individus par classe décroît presque de la même manière quand on passe successivement des classes de petits diamètres aux classes supérieures (Sonke et Lejoly, 1998). Donc, il existe une relation entre les effectifs de

deux classes immédiatement voisines (Küper et *al.*, 2004) Dans les forêts ombrophiles tropicales non modifiées, le nombre d'individus décroît avec l'augmentation de diamètre (Rollet, 1978 ; Picard et Gourlet-Fleury, 2008 ; Mangambu et *al.*, 2013c). Pour notre étude, nous avons constaté que la vitesse de croissance diamétrique de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. dans les conditions naturelles à Yoko (0, 49 cm/an) ne permet pas un recrutement suffisant des effectifs dans les classes de diamètre permettant l'exploitation, ce qui explique l'allure de la courbe de reconstitution croissante jusqu'à un maximum, puis décroissante. En comparant les structures diamétriques des individus de différentes

espèces au sein de deux peuplements, on constate qu'il y a une différence très significative. Quant aux structures diamétriques des individus de *G. thompsonii* Sprague et Hutch. au sein de deux peuplements, elles montrent une courbe en forme de « *J inversé* ». Les résultats similaires ont été obtenus par Picard et Gourlet-Flery (2008) ; Katusi (2009) et Boyemba (2011) pour les espèces qu'ils ont étudiées. En comparant la diversité spécifique de deux peuplements avec $t = 3,1$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,0225$ pour l'indice de Shannon et $t = 123$; $dl = 1$ et $p\text{-value} = 0,004897$ pour l'indice de Simpson ; on constate qu'il y a une différence très significative entre les deux peuplements. En d'autres termes, le deuxième peuplement est plus diversifié que le premier.

5. 2. Caractérisation de la répartition et l'hétérogénéité spatiale : Plusieurs auteurs ont étudié la répartition spatiale des arbres en forêt tropicale, entre autres (Hubbell, 1979 ; Collinet, 1997 ; He *et al.*, 1997 ; Condit *et al.*, 2000; Hall *et al.*, 2004 ; Masumbuko *et al.*, 2008 ; Lisingo, 2009 ; Katusi, 2009 ; Traissac et Pascal, 2014 ...) ont été réalisées dans de différents sites. Les espèces étudiées sont souvent les plus communes ou ayant une densité minimum nécessaire aux analyses spatiales (environ 1 pied/ha et plus). Toutes les études mettent en évidence une prédominance des espèces à répartition spatiale agrégée (au moins 50 % des espèces étudiées), alors que les répartitions régulières sont soit inexistantes soit rares (Rollet B., 1983 ; Clark & Clark, 1984 ; Condit *et al.*, 1992 ; Condit *et al.*, 1998 ; Clark, 1990 ; Condit *et al.*, 2002 ; Lomba, 2012). Les modèles tentant d'expliquer la répartition spatiale des espèces d'arbres de forêt tropicale font intervenir des facteurs comme les perturbations (Schupp *et al.*, 1989 ; Whitmore, 1989 ; Molino et Sabatier, 2001) ou des facteurs biotiques densité- ou distance-dépendants comme dans le modèle proposé par Jansen (1970) et Connell (1971). La RFY est une forêt hétérogène diversifiée (Lomba et Ndjele, 1998 ; Lomba, 2012). Les individus appartenant à une même espèce ont tendance à se regrouper là où les conditions optimales pour leurs croissances

sont favorables. La détermination quantitative des données se traduit par leur nature structurale qui n'est qu'un ensemble des paramètres ; notamment la distribution spatiale, la densité des espèces et les relations qui s'interfèrent entre ces derniers (Mangambu *et al.*, 2013c). Quant à notre résultat, on observe au sein de deux peuplements la distribution spatiale des individus de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. est en grande partie aléatoire. D'où, l'acceptation en grande partie de l'hypothèse selon laquelle « les individus de *G. thompsonii* Sprague et Hutch sont distribués de manière aléatoire au sein de deux peuplements ». Katusi (2009) et Picard et Gourlet-Flery (2008) ont pu observer une distribution hautement agrégative. Lomba (2012) a observé une distribution spatiale de transition (agrégative puis aléatoire) et cela pourrait être lié à la grande surface d'inventaire. En comparant la diversité spécifique de deux peuplements on constate qu'il y a une différence très significative entre les deux peuplements. Mais, le deuxième peuplement est plus diversifié que le premier.

5.3. Facteurs exogènes, endogènes de l'agrégation et processus ponctuels spatiaux : La répartition spatiale d'une espèce résulte d'un compromis entre ses besoins et les différentes ressources disponibles dans le milieu, que ce soit l'eau, les nutriments dans le sol, la lumière, etc. (Sonke et Lejoly, 1998 ; Boyemba, 2011 ; Lomba, 2012 ; Masumbuko *et al.*, 2013 ; Mangambu *et al.*, 2013b ; Kumba *et al.*, 2013). Les résultats obtenus dans ce travail, s'ils ne permettent pas de tester et de vérifier les interactions entre les différents paramètres impliqués dans la répartition spatiale des espèces, permettent cependant d'améliorer la compréhension des influences du milieu sur cette répartition. L'étude comparative des paramètres structuraux et floristiques entre les deux peuplements dans RFY montre une répartition aléatoire de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. à partir de 3 à 38 m et devient agrégative à partir de 37 à 42 m et redevient aléatoire. C'est-à-dire l'étude comparative des paramètres structuraux et



floristiques entre les peuplements met en évidence l'influence de la lumière sur la répartition spatiale de *G. thompsonii* Sprague et Hutch. Cette espèce se régénère en densité forte (5 à 20 pieds/ha et plus) dans des trouées de grande taille (1 ha et plus). Les ouvertures de la canopée à de premier site, basées sur l'abattage systématique des arbres qui à lieu avant les études dans cette réserve en 1998 (Lomba et Ndjele, 1998) et l'installation de parcelles permanantes avant 2007 (Kumba et al., 2013) qui bloquent la lumière au sol et pratiquées dans les peuplements, ont aussi favorisé l'installation de *G. thompsonii* Sprague et Hutch. en population dense. Pour la plupart des études réalisées (Dukes et Mooney, 1999 ; Ramade, 2002, Lomba, 2012), c'est sans doute avant tout le besoin en lumière, au moins pour l'installation et les premiers stades de croissance, qui explique le fait que la présence d'une espèce au tempérament héliophile de *G. thompsonii* Sprague et Hutch. Les mêmes observations se sont faites pour les espèces de *Syzygium Guineense* (Wild.) DC. (Masumbuko, 2008), de *Pericopsis elata* (Harms) van Meeuwen (Boyemba, 2011) et *Sericostachys scandens* Gilg & Lopr(Masumbuko et al., 2013) qui ont liée aux perturbations, avec une corrélation positive de la répartition spatiale de ces héliophiles avec celle des chablis. Sonké et Lejoly, 1998 et Ramade (2002) affirment que des informations quantitatives et qualitatives qui rendent possible la caractérisation de l'environnement ou l'un des principaux composants de la structure floristique (Dukes & Mooney, 1999 et Ramade, 2002 Mangambu et al, 2014), de la diversité spécifique, de l'architecture de la forêt et de l'habitat par la connaissance spatiale de certaine espèce.

5.4 Structurale d'abondance et dominance des taxons : La forêt semi-décidue de la réserve forestière de Yoko est plus diversifiée en termes d'espèce, mais aussi des familles.

6 CONCLUSION

La structure, l'Abondance et la dispersion spatiale de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la Réserve à fait l'objet de cette étude. Cette étude nous a permis premièrement à acquérir des connaissances sur

Ceux-ci a été démontré par Lomba et Ndjele (1997) et pour d'autres chercheurs comme : Les résultats similaires ont été obtenus autre auteurs à RFY (Lisingo, 2009 ; Shaumba, 2009 ; Katusi, 2009 ; Boyemba, 2011 ; Lomba, 2012 ; Kumba et al., 2013) Tous affirment que les *Fabaceae*, *Annonaceae*, *Euphorbiaceae*, *Rubiaceae* et les *Meliaceae* constituent une famille importante dans cette réserve. Malheureusement les espèces des *Fabaceae*, et les *Meliaceae* sont à la base d'exploitation du bois par les inciviques (Braconniers) dans la réserve. Boyemba (2011) démontre que dans la cuvette centrale de la RDC, environ 80 % d'essences de 1^{ère} classe (bois d'exportation) appartiennent à cette famille elles renferment un groupe important d'espèces de bois d'œuvre de grande valeur marchande. On cite des espèces telles que les espèces du genre *Entandrophragma*, *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC, *Turreanthus africanus* (Welw.) CPellegr. et les espèces de *Guarea* (Katusi, 2009). D'après nos résultats, les espèces telles que *Chrysophyllum lacourtianum* De Wild., *Cynometra hankei* Harms et *Scorodophloeus zenkeri* Harms sont dominantes au sein de deux peuplements. Mais, il convient de signaler l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* Harms est à la fois abondante et dominante au sein de deux peuplements. Loris (2009) n'a constaté que l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.). J. Léonard est à la fois abondante et dominante dans la forêt primaire de Masako qui est dans la même région que RFY. Toutes les deux espèces font parties de la famille de *Fabaceae* est caractéristique de la région de Kisangani. Les familles des *Fabaceae*, *Annonaceae*, *Meliaceae* et *Mahaceae* abondent du point de vue densité au sein de deux peuplements. Lisingo (2009) et Lomba (2012) ont constaté l'abondance et la dominance des familles des *Fabaceae*, *Mahaceae*, *Annonaceae* et *Pandaceae* pour la totalité de la RFY.



la composition floristique de peuplement à *G. thompsonii* Sprague et Hutch dans cette réserve forestière, sa distribution en fonction des classes de diamètre et à la caractérisation spatiale ainsi vis-à-vis des facteurs écologiques testées. En outre, il montre l'intérêt des études ciblées sur une espèce et son environnement, pour comprendre sa dynamique spatiale et en déduire des règles spécifiques de sylviculture si possible. Et permet d'alimenter des réflexions plus générales sur la dynamique des écosystèmes tropicaux. Pour des espèces ayant une dynamique spatiale liée à la lumière, ces résultats constituent une base pour la compréhension du fonctionnement des forêts tropicales humides. Une étude plus généralisée des facteurs de régénération et de répartition spatiale des espèces d'arbres de forêt tropicale,

pourrait apporter des éléments nouveaux et pertinents tant pour la connaissance générale du fonctionnement de ces écosystèmes que pour leur gestion plus responsable. Par rapport à *G. thompsonii* Sprague et Hutch, d'autres études peuvent également être menées pour améliorer davantage les connaissances sur son autécologie et sa phénologie. Nous venons de constater que la forêt naturelle de la réserve forestière de Yoko est bien structurées, présent une régénération durable; c'est donc un modèle pour les forêts protectrices dont l'effet est à long terme. Les bonnes connaissances approfondis sur la structure de la régénération des plusieurs autres espèces peuvent ainsi fournir un ordre de grandeur pour les «nombres requis» d'arbres régénérés d'autres peuplements à structure étagée sur des stations comparables.

7 REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissants au projet REAFOR et le programme sur l'homme et la Biodiversité (MAB) de l'UNESCO dans leurs programmes de renforcement des capacités des chercheurs Congolais. Nous tenons aussi à

remercier les conservateurs des herbiers du Jardin Botanique de Meise (BR) consultés pour leurs aides et conseils lors des études du terrain et les identifications des nos échantillons; et au juge anonyme de ce papier.

8 BIBLIOGRAPHIE

- Alexandre DY : 1982. Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire. *Candollea* 37 : 579-588.
- Bertault JG : 1992. Étude de l'effet du feu en forêt semi-décidue de Côte-d'Ivoire au sein d'un dispositif d'expérimentation sylvicole. Thèse de doctorant, Université de Nancy, France, 260 p.
- Bibani Marga R., Jonkers WBJ. et Essama E.J : 1998. Phénologie de 86 essences productrices de bois d'œuvre de la forêt dense humide sempervirente du sud-Cameroun. Résultats préliminaires, Séminaire Forafri, Libreville-Gabon, 16 p.
- Bogaert J. et Mahamane A : 2005. Écologie du paysage: Cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin* 7 : 36-68.
- Boyemba F : 2011. Écologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 181 p.
- Buttoud D : 1991. Le mythe de la protection des forêts tropicales dans certains contextes socio-économiques. *Revue Forestière Francise* 46: 114-118
- Clark DA. and Clark DB : 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: Evaluation of the Janzen-Connell model. *American Naturalist* 124(6): 769-788.
- Clark DB : 1990. The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests. Reproductive ecology of tropical forest plants. MAB, 7: 291-305.
- Clerici N, Bodini A, Eva H, Grégoire JM, Dulieu D. and Paolini C : 2007. Increased isolation of two Biosphere Reserves and surround protected areas



- (WAP ecological complex, West Africa). *Journal for Nature Conservation* 15: 26-40.
- Collinet F: 1997. Essai de regroupement des principales espèces structurantes d'une forêt dense humide d'après l'analyse de leur répartition spatiale (forêt de Paracou - Guyane). Thèse de doctorat, Université Claude Bernard -Lyon 1, 313 p.
- Condit R, Hubbell SP. and Foster R.B : 1992. Recruitment near conspecific adults and the maintenance of tree and shrub diversity in a neotropical forest. *American Naturalist* 140(2): 261-286.
- Condit R, Sukumar R, Hubbell SP. and Foster RB : 1998. Predicting population trends from size distributions: A direct test in a tropical tree community. *American Naturalist* 152: 495-509.
- Condit R., Ashton P.S., Baker P., Bunyavejchewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N., Hubbell S.P., Foster RB, Itoh A., LaFrankie JV., Lee HS. and Losos E : 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Sciences* 288 : 1414-1418.
- Debroux L: 1998. L'aménagement des forêts tropicales fondé sur la gestion des populations d'arbres : l'exemple du Moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) dans la forêt du Dja, Cameroun. Thèse de doctorale, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 323 p.
- Durrieu de Madron L: 1999. Forêt de Ngotto: mission d'appui au suivi du plan d'Aménagement Forestier du PEA N°169. République Centrafricaine, Groupement AGRECO/CIRAD-forêt, 96 p.
- Furh M.: 1999. Structure et dynamique de la forêt Côtière du Gabon. Implication pour une succession secondaire dérivant de la forêt monodominante à Okoume (Aucoumea klaineana Pierre). Université Montpellier 2, France, 184p.
- Furh M: 1999. Structure et dynamique de la forêt Côtière du Gabon. Implication pour une succession secondaire dérivant de la forêt monodominante à Okoume (Aucoumea klaineana Pierre). Université Montpellier 2, France, 184p.
- Grall J. & Hily C : 2003. Traitement des données stationnelles (faune). Fiche-technique, 12 p. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>).
- Gamito S : 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators* 10: 550-551.
- Garba-Lawal M: 1993. Le bois tropical : commerce, flux, production et transformation industrielle. *Marchés tropicaux* 23, 436-440.
- Goreau F : 2000. Apports de l'Analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèses de doctorat en Sciences Forestières, ENGREF, 362p.
- Hall JB. et Swaine MD: 1981. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. Forest vegetation in Ghana. Ed. W. Junk, The Hague, 383 p
- Hall JS, Harris DJ, Medjibe V. et Ashton PMS : 2003. The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a Central African forest: implications for management of conservation areas. *Forest Ecology and Management* 183: 249-264.
- Hall JS, McKenna JJ, Ashton PMS. and Grégoire TG : 2004. Habitat characterizations underestimate the role of edaphic factors controlling the distribution of *Entandrophragma*. *Ecological Society of America, Ecology* 85(8): 2171-2183.
- Hardy O : 2009. BiodivR 1.1. A program to compute indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction principles to reduce sampling bias. <http://www.ulb.ac.be/sciences/ecoevol/biodivr.html>



- Hawthore W.D: 1994. Fire damage and forest regeneration in Ghana. London, U. K., Forestry Series 4, 53 p.
- He F., Legendre P. & LaFrankie J.V: 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science* 8: 105-114.
- Hubbell SP : 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in tropical dry forest. *Science* 203: 1299-1309.
- 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 de *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Ubundu, Province Orientale R.D.C), Diplôme d'Étude Approfondie, Faculté des Science, Université de Kisangani, 102 p.
- Khem R, Bhattacharai L, Ole R, Vetaas V, John A. et Grytnes V: 2004. Ferns species richness along a central Himalayan elevational gradient. *Nepal Journal of Biogeography*, 31: 389-400.
- Krebs CJ : 1994. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper Collins: NY.
- Kumba S, Nshimba H, Ndjele L, De Cannière C, Visser M., Bogaert J :2013. Structure spatiale des trois espèces les plus abondantes dans la Réserve Forestière de la Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo. *Tropicultura* 31 (1): 53-61.
- Küper W., Sommer J., Lovett J., Mutke J., Linder H., Beentje H., van Rompaey R., hatelain C., Sosef, M. and Barthlott, W. : 2004. Africa's hotspots of biodiversity redefined. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 91: 525-536. <http://www.jstor.org/stable/3298550>
- Lebrun J.-P. et Stork A.L: 1991-2010. Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale et Tropical African Flowering Plants: Ecology and Distribution, vol. 1, 2, 3, 4, 5 in prep. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève
- Lejoly J: 1993. Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). Projet Ecofac (*Conservation et utilisation rationnelle des écosystèmes forestiers en Afrique Centrale*) Agreco-CTFT, Bruxelles/Belgique, 53 p
- Lisingo W : 2009. Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multi strate. Diplôme d'Étude Approfondie, Faculté des Science, Université de Kisangani, 91 p.
- Lomba BL. et Ndjele MB : 1998. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la réserve de Yoko (Ubundu R.D.C.) *Annales de la Faculté des Sciences, Université de Kisangani* 11 : 35- 46
- Lomba BL : 2012. Systèmes d'Agrégations et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de la Yoko et Biaro (Ubundu, Province Orientale, R.D.Congo). Thèse de doctorat, Université de Kisangani, 239 p.
- Loris L : 2009. Analyse de la diversité floristique dans les diverses strates des forêts denses de Masako (Kisangani, R.D.C), Diplôme d'Étude Approfondie, Université de Kisangani, 106 p.
- Macedo MO, Resende AS, Garcia PC, Boddey RM, Jantalia CP, Urquiaga S, Campello EFC. and Franco AA: 2008. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management* 255:1516-1524.
- Mangambu M. Wabika D. Imani M. et Mwanga Mwanga I : 2013a. Étude préliminaire sur la connaissance taxonomique et endémisme des Rubiaceae Kahuzi-Biega a l'est de la R.D Congo. *Continental Journal of Biological Sciences* 6 (3): 33-42. <http://dx.doi.org/10.5707/cjbiolsci.2013.6.3>



- Mangambu M, Muhashy H, Janssen T, Diggelen R, Robbrecht E. & Ntahobavuka H: 2013b. Diversité des Fougères et leurs alliées le long du gradient altitudinal au sein de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega (R.D. Congo). *International Journal of Environmental Studies* 70 (2): 259-283 <http://dx.doi.org/10.1080/00207233.2013.778007>
- Mangambu M., Van Diggelen R., Mwangamwanga J-C, Ntahobavuka H. and Robbrecht, E: 2013c. Espèces nouvellement signalées pour la flore ptéridologique de la République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(1): 107-124 <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.10>
- Mangambu M, Robbrecht E, Ntahobavuka H. et van Diggelen R: 2014. Analyse phytogéographique des Ptéridophytes d'Afrique centrale: cas des étages des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega (République Démocratique du Congo). *European Scientific* 10 (8): 84-106
- Masumbuko NC, Mangambu M. et Nyakabwa M: 2008. Distribution spatiale de *Syzygium Guineense* (Willd.) DC (Myrtaceae) dans le Parc National de Kahuzi-Biega (Secteur de Nyamuhambaza Tshivanga) en zone de haute altitude, à l'Est de la République Démocratique du Congo. *Cahier du Centre de Recherches Universitaires du Kiru, nouvelle série* 36 (1) : 59-63
- Masumbuko C., Habiyaremye F. and Lejoly J: 2013. Impact of *Sericostachys scandens* on forest regeneration in the Kahuzi-Biega National Parc. In : Beau N, Dessein S. & Robbrecht E. (Eds.). *African Plant diversity, Scripta Botanique Belgica*. pp. 130-137. Proceedings XIXth AETFAT Congress 26 - 30 April 2010, Antananarivo, Madagascar.
- Margurran A: 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing Company, United Kingdom, 256 p.
- Myers N., Mittermeier R., Mittermeier C., da Fonseca G. and Kent J: 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>
- Mengue-Medou C: 2002. Les aires protégées en Afrique: perspectives pour leur conservation. *VertigO* 3(1): 49-59.
- Nshimba M: 2008. Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani (R.D.C) Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 271 p.
- Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T: 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in north-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2004.00051.x>
- Pelissier R: 1997. Hétérogénéité spatiale et dynamique d'une forêt dense humide dans les Ghâts occidentaux de l'Inde. Institut français de Pondichéry, Publications du Département d'Ecologie, tome 37
- Picard N. & Gourlet-F S: 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko. « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, pp 2.
- Riéra B. et Alexandre D: 1988. Surface des chablis et temps de renouvellement en forêt dense tropicale. *Acta OEcologica* 9(2), 211-220.
- Rollet B: 1978. Description, functioning and evolution of tropical forest ecosystems. 5. Organization. In: Tropical forest ecosystems. UNESCO (Eds), Paris, pp 112-142.
- Rollet B: 1983. La régénération naturelle dans les trouées. *Bois et Forêts des Tropiques* 201 : 3-34 ; 202 : 19-33.
- Shaumba K: 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale des *Fabaceae* (*Caesalpinioidae*) de la Yoko. Cas de *Prioria balsamifera* (Vermoesen) Bretteler, *P. oxyphylla* (Harms) Bretteler *Scorodophloeus zenkeri* Harms. Diplôme



- d'Étude Approfondie, Faculté des Science, Université de Kisangani, 82p.
- Sodefor R : 1998. Note technique sur l'aménagement forestier en Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire, 27 p.
- Sonke B. & Lejoly J : 1998. Biodiversity study in Dja Fauna Reserve (Cameroon): using the transect method. In: C.R. Huxley, J.M. Lock and D.F. Cutler (editors). Chorology, Taxonomy and Ecology of the Floras of Africa and Madagascar. Pp. 171-179. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Traissac, S. and Pascal JP : 2014. Birth and life of tree aggregates in tropical forest: hypotheses on population dynamics of an aggregated shade-tolerant species. *Journal of Vegetation Science* 25 : 491-502.
- Whitmore TC : 1994. Tropical rain forest dynamics and its implications for Management. *UNESCO, Man and the Biosphere series* 6: 67-86.
- Zobi I.L : 2002. Contribution à la gestion sylvicole des forêts humides ivoiriennes à travers l'analyse des dispositifs permanents de Mopri et Irobo, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1, 159 p.