

Caractérisation des structures diamétrique et spatiale de peuplement à *Guarea thompsonii* Hutch. & Sprague, dans les réserves de Yoko et Yangambi, Province de la Tshopo, RD Congo

Célestin ADEITO MAVUNDA^{1*}, Roger KATUSI LOMALISA², Godeliève KONUNGA MBOTEKOLA³
et Hyppolite NSHIMBA SEYA²

¹ Institut Supérieur d'Études Agronomique de Bengamisa. Section de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, BP 212, République Démocratique du Congo

² Université de Kisangani, Faculté des Sciences. Département d'Écologie et Gestion des Ressources Végétales, BP 2012, République Démocratique du Congo

³ Ecole régionale d'aménagement et de gestion intégrée des forêts et territoires tropicaux, Laboratoire de Géomatique, BP 15373, République Démocratique du Congo

* Correspondance, courriel : celestin.adeito@yahoo.fr

Résumé

Notre étude sur la caractérisation des structures diamétrique et spatiale de peuplement à *G. thompsonii*, a été menée dans les réserves de Yoko et Yangambi. Elle a été réalisée sur une surface de 10 ha dont 5 à Yoko et 5 autres à Yangambi. La circonférence de chaque individu à dhp ≥ 10 cm a été mesurée avec un ruban métrique à la hauteur de référence (1,30 m du sol) et le positionnement par les coordonnées x et y . L'analyse quantitative permet de déterminer la densité, la surface terrière et d'autres paramètres utilisés. Au total, 120 individus ont été inventoriés dont 68 à Yangambi et 52 autres à Yoko, conduisant à une moyenne de 12 pieds par hectare. Les valeurs de la surface terrière sont de $1,08 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ à Yangambi et $1,13 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ à Yoko avec une moyenne de $1,10 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ au sein de ces deux réserves. Les structures diamétriques sont en « J inversé » et la distribution spatiale des individus est aléatoire alors que les positions de différentes catégories d'arbres (petits, moyens et gros) sont indépendantes les unes des autres au sein de deux réserves.

Mots-clés : *caractérisation, structure diamétrique et spatiale, Guarea thompsonii, Yoko, Yangambi.*

Abstract

Characterization of diametric and spatial structures of *Guara thompsii* settlement Hutch. & Sprague, in Yoko and Yangambi reserves, subdivision of Tshopo, DRC

Our study about diametrical and spatial structures characterization of *G. thompsonii* stands has been conducted in the Yoko and Yangambi Reserves. It had been realized on an area of 10 ha including 5 ha in Yoko and 5 ha in Yangambi. All individual circumference with dhp ≥ 10 cm has been measured with a metric tape at the reference height (1.30 m from the ground) and the positioning by the x and y coordinates. Quantitative analysis allowed to determine density, soil area, and other parameters used. Finally, 120 individuals have been inventoried, including 68 at Yangambi and 52 at Yoko, averaging 12 feet by hectare. The values of the soil area is $1.08 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ at Yangambi and $1.13 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ at Yoko with an average of $1.10 \text{ m}^2 \cdot \text{Ha}^{-1}$ inside those

two reserves. The diametric structures are in "J inversé" and the spatial spreading of individuals was random although the positions of different categories of trees (small, medium and large) were independent of each other inside those two reserves.

Keywords : *characterization, diametric and spatial structure, Guarea thompsonii, Yoko, Yangambi.*

1. Introduction

La forêt est une phytocénose en perpétuel renouvellement, mettant en jeu des processus de mortalité et de la régénération [1, 2]. La République Démocratique du Congo abrite environ la moitié des forêts du bassin du Congo et qui constitue le deuxième massif des forêts tropicales au monde après celle d'Amazonie. Elle est une région qui héberge une énorme biodiversité [3, 4]. En R.D.Congo, les structures des populations d'arbres sont généralement peu connues étant donné que la plupart des sociétés multinationales, sinon la totalité, n'exploitent pas le bois sur base des données écologiques des espèces [5, 6]. Dans son pôle économique, on y trouve un bon nombre d'essences à haute valeur économique telles que *Entandrophagma utile*, *E. cylindricum*, *Millettia laurentii*, *Pericopsis elata*, *Guarea cedrata* et *G. thompsonii*, etc. L'espèce *G. thompsonii* étant l'un de grands arbres des forêts tropicales humides africaines, ses propriétés technologiques et son abondance font qu'elle soit à l'heure actuelle parmi les espèces les plus exploitées d'Afrique [7]. En effet, les inventaires forestiers constituent l'une de plus importantes sources des données aux études portant sur la diversité biologique, l'établissement d'un plan de gestion, de la conservation des écosystèmes en générale et conservation des forêts en particulier [8], et aussi la découverte de la structure d'une forêt donnée. Par conséquent, la structure diamétrique des diverses essences forestières renseigne sur leur régénération [9 - 11]. Ainsi, l'on peut établir pour une espèce donnée le diagramme de nombre d'individus des diverses classes de diamètre pour avoir une idée sur sa capacité de se régénérer en vue de planifier sa bonne gestion [6, 8]. Ceci justifie notre engagement d'entreprendre les investigations pour caractériser les structures diamétrique et spatiale de peuplement de *Guarea thompsonii* dans les réserves de Yoko et Loweo.

2. Matériel et méthodes

Les réserves forestières de Yoko et de Yangambi sont situées en RD Congo, dans la Province de la Tshopo respectivement dans les Territoires d'Ubundu et d'Isangi. Située à une altitude oscillant autour de 400 m, la réserve de Yoko est localisée entre 0°17' latitude N et 25°17' longitude E [1, 3, 8]. La réserve de biosphère de Yangambi quant à elle est située dans le Secteur de l'INERA-YANGAMBI, localisée entre 24°16'95" et 25°08'48" longitude E, 0°38'77" et 1°10'20" de latitude Nord [12] (**Figure 1**). Au sein de deux sites, les températures moyennes oscillent autour de 24,5°C et les précipitations moyennes autour de 1700 mm [6, 13].

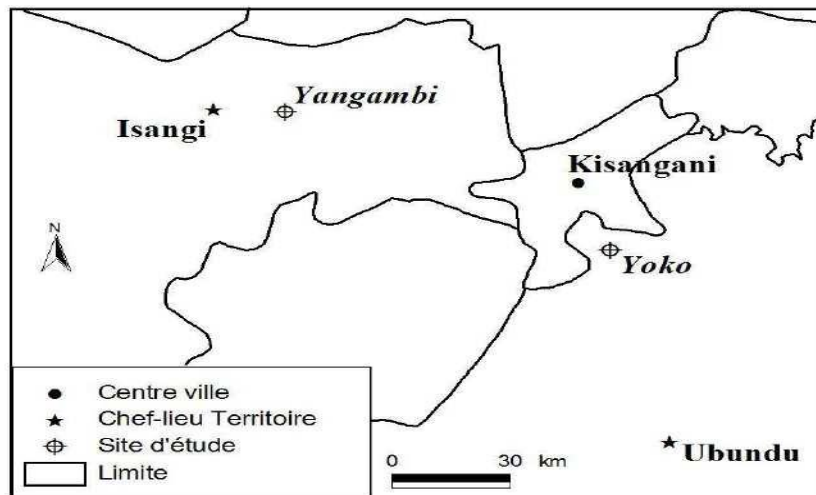


Figure 1 : Localisation de deux sites par rapport à la ville de Kisangani [13]

Un dispositif de cinq hectares chacun a été installé au sein de ces deux réserves où tous les individus de *G. thompsonii* à $dhp \geq 10$ cm à 1,30 m au-dessus du sol ont été inventoriés et leurs coordonnées cartésiennes x et y ont été prises [6, 7]. La surface terrière a été calculée pour chaque individu [9]. A l'aide du logiciel R 2.5, la caractérisation spatiale des individus a été faite par la fonction $K(r)$ de Ripley et les différentes catégories d'arbres (petits, moyens et gros), par la fonction $K_{12}(r)$ de Ripley [14] ainsi que les tests statistiques Khi deux (χ^2) et Wilcoxon (W). Il sied de signaler que, les petits arbres sont ceux à $10 \text{ cm} \leq dhp < 30 \text{ cm}$; les arbres moyens à $30 \text{ cm} \leq dhp < 50 \text{ cm}$ et les gros arbres à $dhp \geq 50 \text{ cm}$. La méthode de Ripley [14] est basée sur le nombre de points « semis de points » : ensemble des individus ou des arbres d'un peuplement ou de n'importe quels objets recensés à une certaine distance ou classe de distance :

$$K(r) = \bar{\lambda}^{-1} E(r) \tag{1}$$

où, $E(r)$ est l'espérance du nombre de point à l'intérieur d'une distance r d'un point quelconque du semis de points. L'intensité moyenne des points λ peut être estimée par leur densité n/A , où n est le nombre total de points et A la surface totale échantillonnée.

Dans le cas d'une distribution de poisson d'une population, la valeur attendue de $K(r)$ est $K(r) = \pi r^2$. Si $K(r) < \pi r^2$, les points sont mis à distance les uns des autres et la distribution est régulière. Si $K(r) > \pi r^2$, la distribution est contagieuse (agrégative) et si $K(r) = \pi r^2$, la distribution est aléatoire. $K(r)$ s'interprète avec l'intensité de la population λ , avec pour le semis de points $\lambda = n/A$. En d'autres termes, la zone grise de graphique représente l'intervalle de confiance au seuil $\alpha = 5\%$. 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. Pour ce faire, la fonction K_{12} de Ripley est utilisée pour vérifier s'il y a interaction entre les petits, les moyens et les gros arbres au sein du dispositif d'étude où la zone grise représente l'intervalle de confiance au seuil $\alpha = 5\%$. Lorsque la courbe $K_{12}(r)$ dépasse la limite supérieure de l'enveloppe de confiance, l'agrégation des semis de points devient significative, il y a contagion ou regroupement entre les deux catégories. Au contraire, lorsque la courbe $K_{12}(r)$ dépasse la limite inférieure de l'enveloppe de confiance, il y a mise à distance des points et la répartition des semis est significativement régulière. Cette régularité est habituellement interprétée comme un effet de compétition, ou de répulsion, entre les individus. Tandis que, lorsque la courbe $K_{12}(r)$ passe dans l'enveloppe de confiance, il n'y a pas contagion, c'est-à-dire que les petits individus sont indépendants des gros [14].

3. Résultats

3-1. Structure diamétrique des individus dans les deux réserves

La structure diamétrique des individus de *Guarea thompsonii* présente une courbe d'allure en « J inversé » où le nombre d'individus diminue avec l'augmentation des classes de diamètre au sein de deux réserves mais seulement avec petit décalage au niveau de la classe 6 pour le site de Yoko (**Figure 2**). Pour calculer le Khi deux, on était obligé à regrouper les individus en 3 classes de diamètre pour répondre aux exigences du test. Sur ce, avec $\chi^2 = 4,9023$, ddl = 2, p-value = 0,0862 au seuil $\alpha = 0,05$. On a constaté que p-value > 0,05 %, ce qu'il n'y a pas de différence significative entre les structures diamétriques au sein de deux réserves.

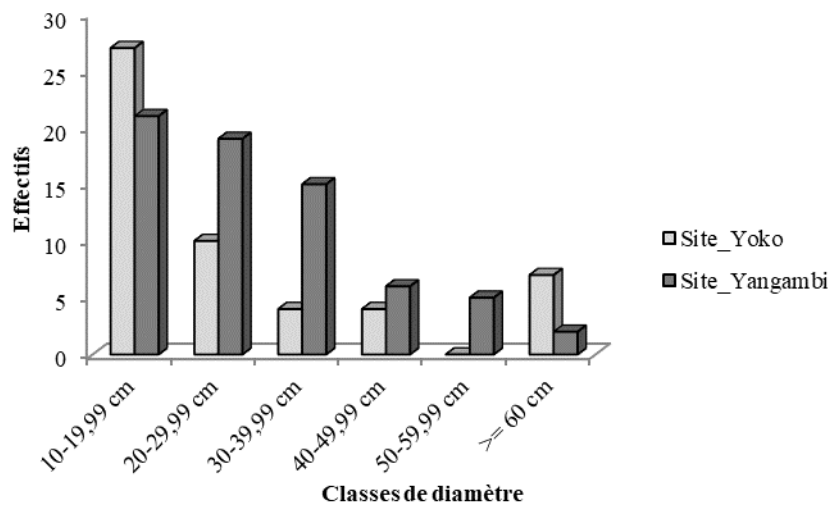


Figure 2 : Structure diamétrique des individus de *G. thompsonii* au sein de deux réserves

3-2. Densité et surface terrière des individus

3-2-1. Densité

A Yoko, le nombre total d'individus est 52 avec une moyenne 10,4 individus/ha tandis qu'à Yangambi, est 68, soit 13,6 individus/ha. Pour les deux réserves, la moyenne est de 60 individus, soit 12 individus/ha avec un écart-type de 11,31 et coefficient de variation de l'ordre de 18,85 % (**Figures 3 et 4**) et en utilisant le test de Kruskal-Wallis avec chi-squared = 4, ddl = 4, p-value = 0,406 > 0,05 %, ce qu'il n'y a pas de différence significative en terme de la densité au sein de deux réserves.

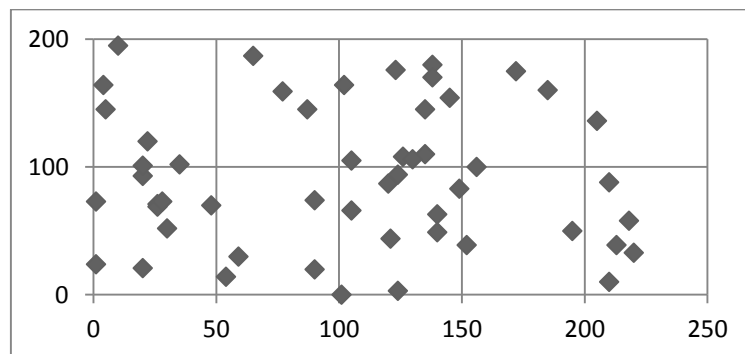


Figure 3 : Nuage de points des individus de *G. thompsonii* à Yoko

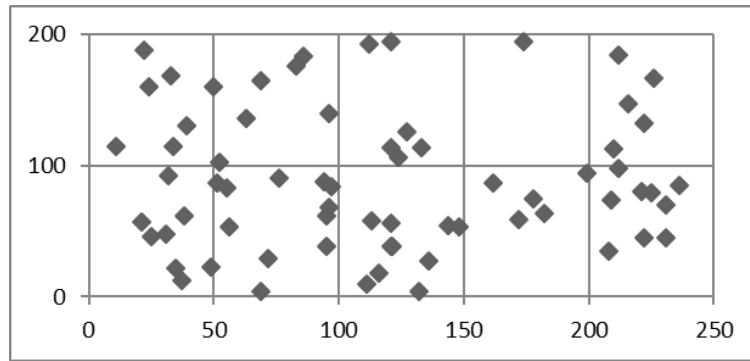


Figure 4 : Nuage de points des individus de *G. thompsonii* à Yangambi

3-2-2. Surface terrière

Les surfaces terrières sont de l'ordre de 1,08 m²/Ha à la réserve forestière de Yangambi et 1,13 m².Ha⁻¹ à réserve forestière de Yoko avec une moyenne de 1,11 m²/Ha, un écart-type de 0,0403 m².Ha⁻¹ avec un coefficient de variation de l'ordre de 4 (**Figure 5**). A Yangambi, 50 % d'individus de différentes classes de diamètre ont des valeurs de surface terrière comprises entre 0,13 m² à 0,27 m².Ha⁻¹ tandis qu'à Yoko, elles les sont entre 0,07 et 0,09 m².Ha⁻¹. Statistiquement, au seuil de 5%, il n'y a pas de différence significative (W = 1 et p = 0,32).

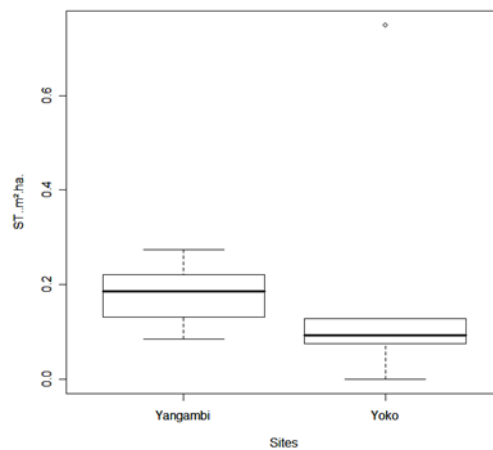


Figure 5 : Les valeurs de la surface terrière au sein de deux réserves

3-3. Caractérisation spatiale et regroupement des individus de *G. thompsonii*

3-3-1. Caractérisation spatiale de *G. thompsonii*

Dans l'ensemble de la surface d'analyse, les individus de *G. thompsonii* sont distribués de manière aléatoire au sein de deux réserves car la courbe passe à travers la zone grise (l'intervalle de confiance) (**Figure 6a et 6b**).

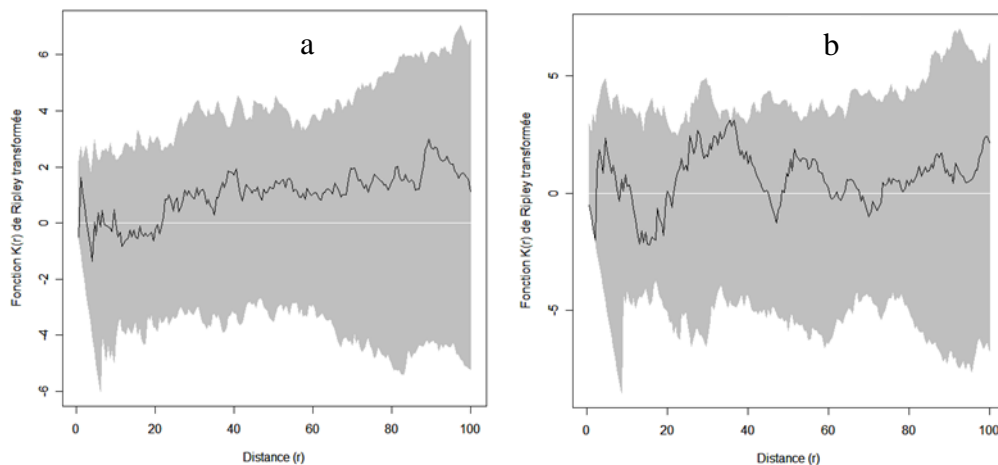


Figure 6 : *Caractérisation spatiale des individus de G. thompsonii (a : Yangambi et b : Yoko)*

3-3-2. Regroupement des individus

Dans ce paragraphe, les individus de *Guarea thompsonii* de différentes catégories, les petits arbres (individus à dbh ≥ 10 cm et ≤ 30 cm), arbres moyens (individus à dbh > 30 cm et ≤ 50 cm) et les gros arbres (individus > 50 cm) ont été comparés deux à deux pour observer s'il y a regroupement ou pas. On a pu comparer les petits arbres au gros ; des arbres moyens aux gros et des petits arbres aux moyens. Les résultats obtenus ont montré qu'il n'y a pas d'interaction ou de regroupement entre les individus de différentes catégories que ça soit à Yangambi ou à Yoko. En d'autres termes, les petits arbres et les arbres moyens ne sont pas regroupés autour des gros arbres ; de même les petits arbres ne sont pas regroupés autour des arbres moyens. En bref, chaque catégorie est distribuée de manière indépendante vis-à-vis de l'autre. (*Figures 7a, b, c « Yangambi » et 8a, b, c « Yoko »*)

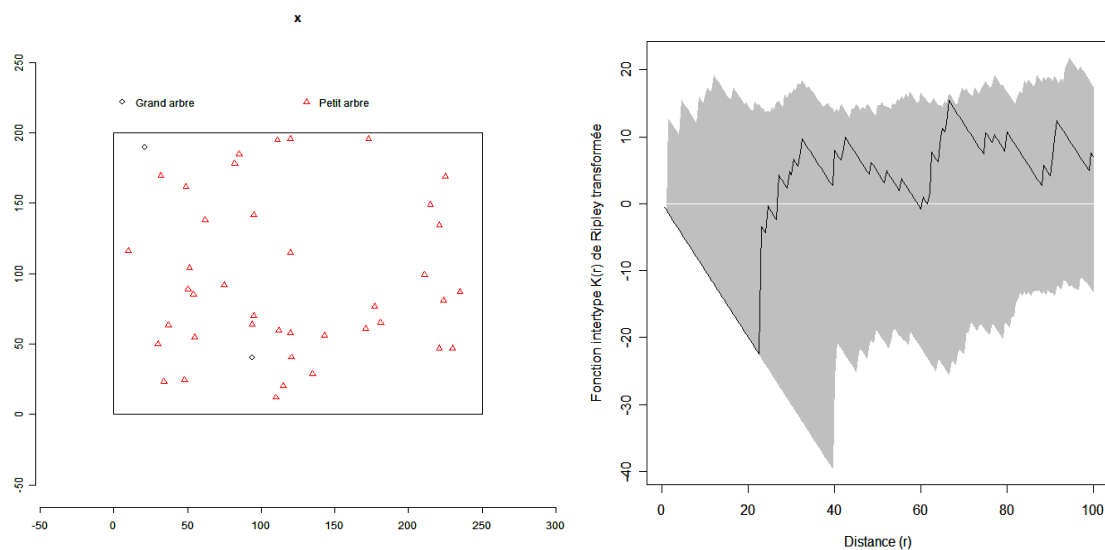


Figure 7a : *Fonction K(r) intertype de Ripley transformée entre les petits et les gros arbres*

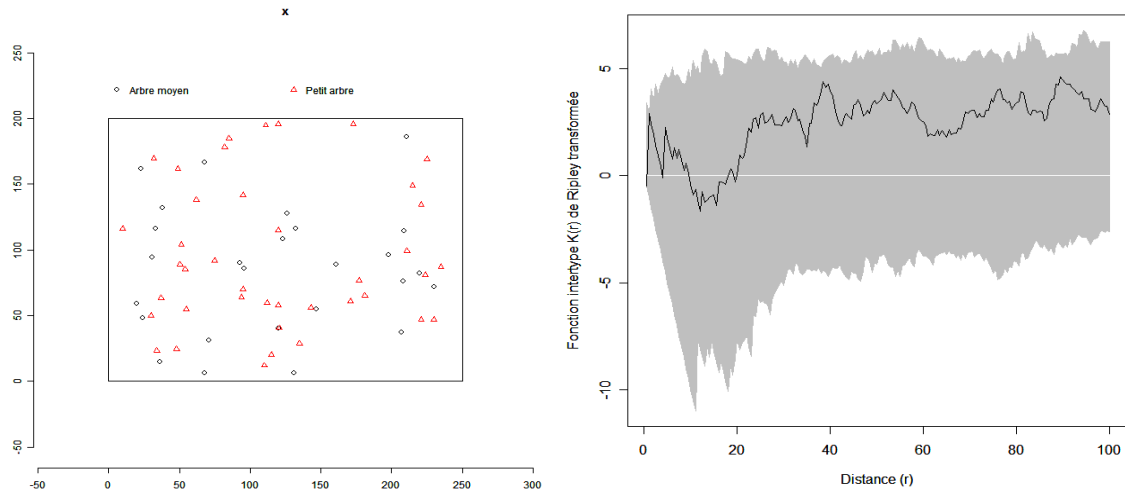


Figure 7b : *Fonction $K(r)$ intertype de Ripley transformée entre les petits et les arbres moyens*

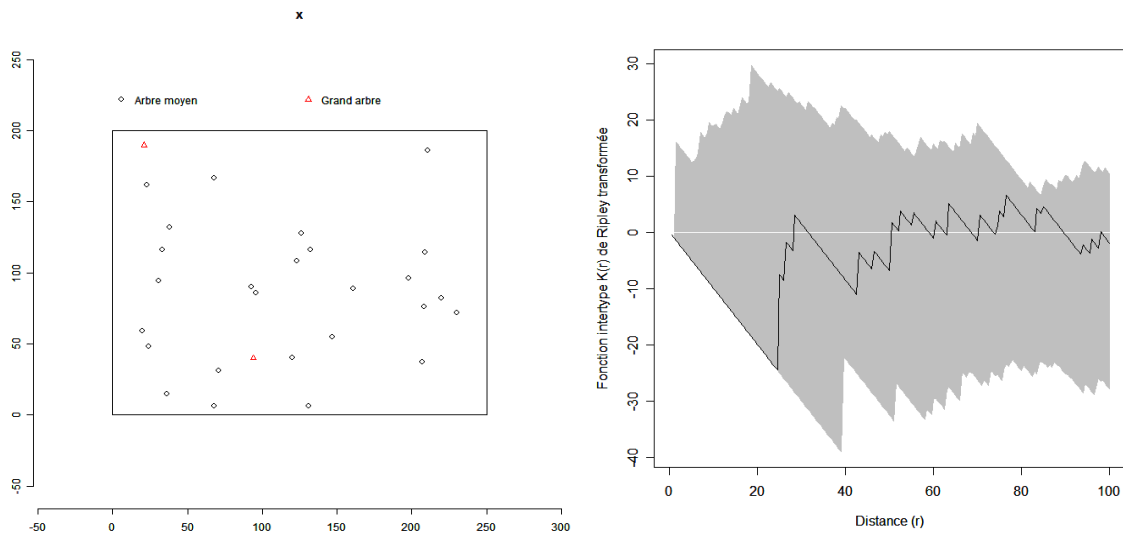


Figure 7c : *Fonction $K(r)$ intertype de Ripley transformée entre les moyens et les gros arbres*

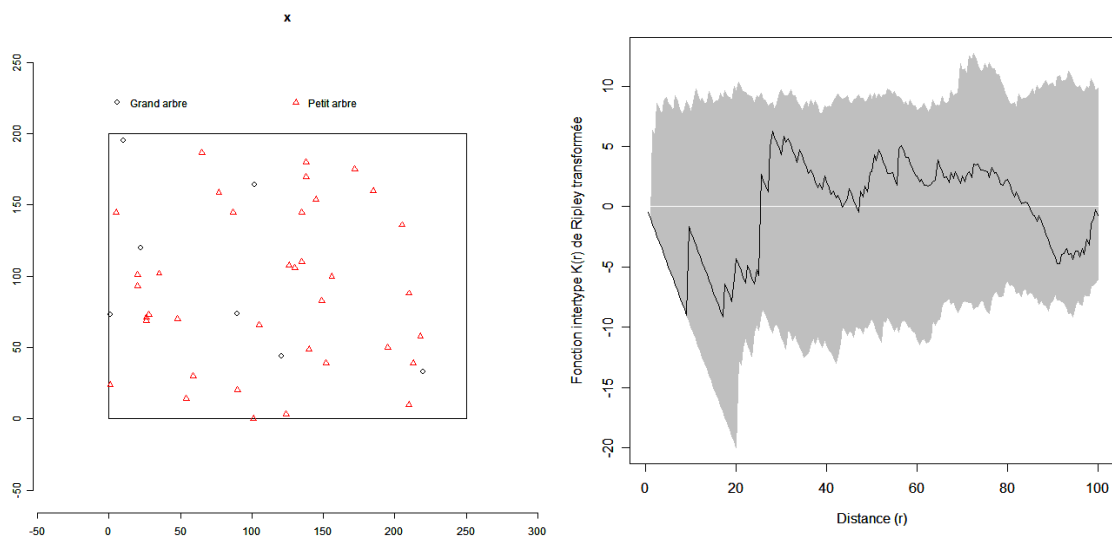


Figure 8a : *Fonction $K(r)$ intertype de Ripley transformée entre les petits et les gros arbres*

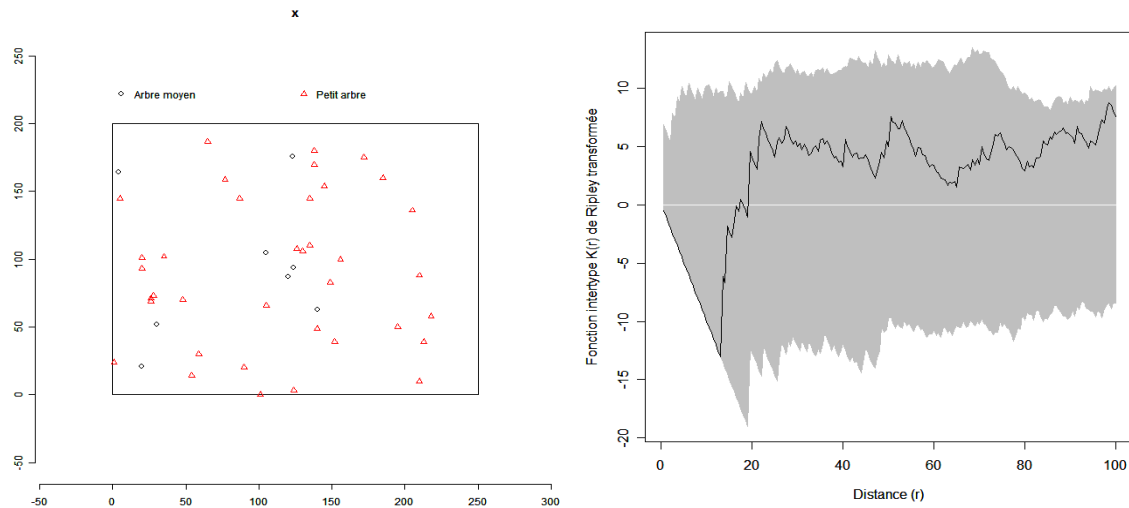


Figure 8b : Fonction $K(r)$ intertype de Ripley transformée entre les petits et moyens arbres

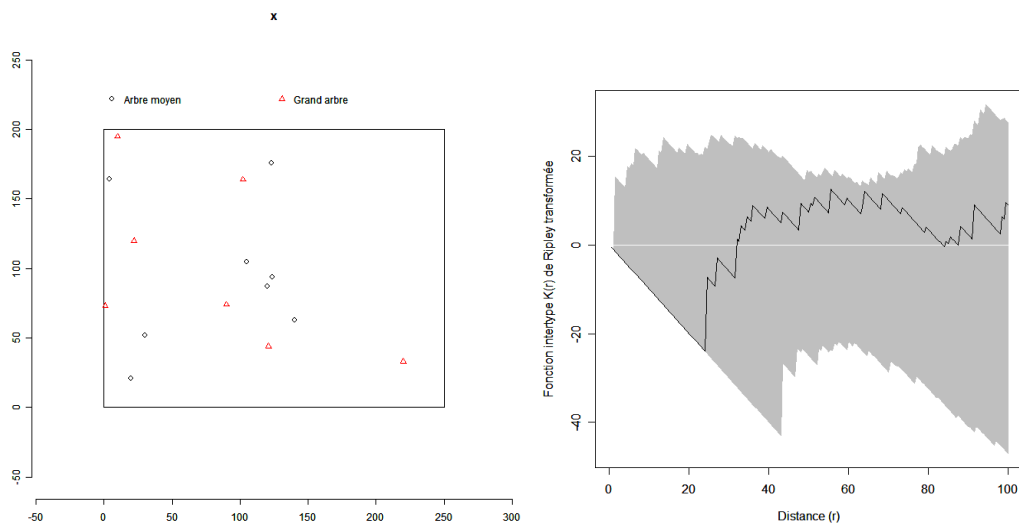


Figure 8c : Fonction $K(r)$ intertype de Ripley transformée entre les moyens et les gros arbres

4. Discussion

4-1. Caractérisations dendrométriques

4-1-1. La structure diamétrique des individus

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur l'étude de la structure diamétrique des forêts tropicales dont [8]. Tous ces chercheurs concluent, en un mot, 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 de diamètre décroît presque de la même manière quand on passe successivement des classes de petits diamètres aux classes supérieures. Donc il existe une relation entre les effectifs de deux classes immédiatement voisines. Selon [11, 15 - 17], dans les forêts ombrophiles tropicales non modifiées, le nombre d'individus par classe de diamètre décroît avec l'augmentation du diamètre des arbres. [7, 18] ont observé une courbe en forme de « J' inversé » pour l'espèce *G. thompsonii* à Yoko, ce qui corrobore notre résultat. En

comparant la structure diamétrique au sein de deux réserves avec $X^2 = 4,9023$, $ddl = 2$, $p\text{-value} = 0,0862$ au seuil $\alpha = 0,05$. On a constaté que $p\text{-value} > 0,05$, ce qu'il n'y a pas de différence significative entre les structures diamétriques au sein de deux réserves. D'où l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « les structures diamétriques des individus inventoriés sont les mêmes au sein de deux réserves »

4-1-2. Densité et la surface terrière

La densité moyenne des individus inventoriés au sein de deux réserves est de 60, soit 12 pieds par hectare tandis que [7, 18], ont obtenu respectivement 4,61 pieds par hectare au bloc du dispositif permanent (200 Ha) et 4,5 pieds par hectare dans l'ensemble de 400 ha. Cette différence de résultat peut être due au choix de l'emplacement de nos dispositifs d'inventaire qui n'était pas installé dans le terrain accidenté. [14] a pu obtenir 18,75 individus par hectare et cela serait lié au choix qui avait été fait lors de la sélection de ces deux agrégats. Quant à la surface terrière, la moyenne est de 1,11 $m^2 \cdot ha^{-1}$ pour les deux réserves tandis que [7, 18] ont obtenu respectivement 0,37 $m^2 \cdot Ha^{-1}$ et 0,36 $m^2 \cdot Ha^{-1}$. Contrairement à [14], il a obtenu une valeur supérieure à la nôtre, de l'ordre de 4,67 $m^2 \cdot Ha^{-1}$. Statistiquement, en comparant les surfaces terrières au sein de deux réserves avec Kruskal-Wallis chi-squared = 1, $ddl = 1$, $p\text{-value} = 0,3173 > 0,05$ au seuil de 5 % ; il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne les surfaces terrières occupées par les individus de *Guarea thompsonii* au sein de deux réserves. D'où l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « les surfaces terrières sont les mêmes au sein de deux réserves ».

4-2. Caractérisations spatiales

Plusieurs auteurs ont étudié la répartition spatiale des arbres en forêt tropicale, entre autres [5, 7, 20 - 26] 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 [27, 28]. La réserve forestière de Yoko est une forêt hétérogène, diversifiées [29]. Les individus appartenant à une même espèce ont tendance à se regrouper, où les conditions optimales pour leurs croissances est favorable. Au cours de notre résultat, on a pu observer que pour les deux réserves, la structure spatiale des individus de *Guarea thompsonii* est aléatoire, ce qui corrobore avec le résultat de [30]. D'où l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle « La structure spatiale de peuplements de *Guarea thompsonii* est aléatoire au sein de deux réserves ». Ce résultat s'oppose à plusieurs études qui ont mis en évidence une prédominance des espèces à répartition agrégée dans les forêts tropicales [7, 18, 23, 31, 32]. En effet, l'étendue ou l'échelle spatiale pourrait influencer l'observation de la distribution spatiale de l'espèce selon qu'elle est petite ou grande [33, 34]. Dans le but d'évaluer les modes de dispersion de l'espèce au sein de deux réserves, nous avons vérifié s'il y a interaction entre gros et petits arbres, gros et arbres moyens, et petits et arbres moyens au sein de deux réserves. En utilisant la fonction K12 de Ripley, nous avons constaté que les petits et les arbres moyens sont indépendants des gros de même les petits arbres sont indépendants aussi des arbres moyens.

5. Conclusion

La contribution à la caractérisation des structures diamétrique et spatiale des *G. thompsonii* dans les réserves de Yoko et de Yangambi a conduit à l'inventaire de 120 individus dont 68 individus à Yangambi et 52 individus à Yoko. La moyenne est de 60 individus soit 12 individus par hectare. Les surfaces terrières sont de l'ordre de 1,08211 $m^2 \cdot Ha^{-1}$ à Yangambi et de 1,1331 $m^2 \cdot Ha^{-1}$ à Yoko avec une moyenne de 1,1106 $m^2 \cdot Ha^{-1}$ pour les deux réserves. Les structures diamétriques des individus présentent une courbe en « J inversé » avec un décalage au niveau de la 6^{ème} classe (à $dbh \geq 10$ cm) au sein de deux réserves. Les individus de *G. thompsonii* sont distribués de manière aléatoire et les différentes catégories d'individus (petits arbres, les arbres moyens et les gros arbres) sont indépendantes les unes des autres au sein de deux réserves.

Références

- [1] - M. MANGAMBU, D. WABIKA, M. IMANI et I. MWANGA MWANGA, Étude préliminaire sur la connaissance taxonomique et endémisme des Rubiaceae Kahuzi-Biega à l'est de la R.D Congo. *Continental Journal of Biological Sciences*, 6 (3) (2013a) 33 - 42, [http://dx.doi.org/ 10.5707/cjbiolsci.2013.6.3](http://dx.doi.org/10.5707/cjbiolsci.2013.6.3)
- [2] - S. KUMBA, H. NSHIMBA, L. NDJELE, C. DE CANNIERE, M. VISSER et J. BOGAERT, Structure spatiale des trois espèces les plus abondantes dans la Réserve Forestière de la Yoko, Ubundu, République Démocratique du Congo. *Tropicultura*, 31 (1) (2013) 53 - 61
- [3] - K. N. NGBOLUA, A. MAFOTO, M. MOLONGO, G. M. NGEMALE, C. A. MASENGO, Z. B. GBOLO, P. T. MPIANA, G. N. BONGO, Contribution to the Inventory of "Protected Animals" Sold As Bush Meats in Some Markets of Nord Ubangi Province, Democratic Republic Of The Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI : 10.15297/JABZ.V3I2.02, (2015)
- [4] - J. A. ASIMONYIO, K. KAMBALE, E. SHUTSHA, G. N. BONGO, D. S. T. TSHIBANGU, P. T. MPIANA, K. N. NGBOLUA, Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2. DOI : 10.15297/JABZ.V3I2.01, (2015)
- [5] - B. BOYEMBA, Diversité et régénération des essences forestières dans les forêts d'environs de Kisangani (R.D. Congo). Mémoire de DEA, ULB, (2006) 101 p.
- [6] - L. KATUSI, Ecologie de *Guarea cedrata* (A. chev) Pellegr et *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch. Dans les forêts des environs de Kisangani : Cas des réserves forestières de Yoko et de Biosphère de Yangambi (Province Orientale, R.D. Congo). Thèse de doctorat. FS/Unikis, (2015) 136 p + annexes
- [7] - L. KATUSI, 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, P. O, R.D.Congo) mémoire de DEA inedit. FS/UNIKIS, (2009) 102 p.
- [8] - S. NSHIMBA, Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Thèse de doctorat, ULB, labo. Bot. Syst., (2008) 271 p.
- [9] - M. GOUNOT, Méthode quantitative de la végétation. Ed. Masson et Cie, Paris, (1969) 314 p.
- [10] - J-M. N. WALTER, La méthode de Ripley pour l'analyse des structures spatiales en écologie, Notice, université Louis Pasteur (ULP), Strasbourg, (2006) 10 p.
- [11] - N. PICARD et GOURLET-FLERY, Analyse des données de pré inventaire de Yoko. UPR « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, (2008) 436 p.
- [12] - A. EBUY, Estimation du stockage de carbone dans les plantations de l'I.NE.RA.-Yangambi à Yangambi (R.D. Congo) : cas d'*Autranella congolensis* (De Wild.) A. Chev., de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et de *Drypetes likwa* J. Léonard. DEA Fac. Sci. / UNIKIS, (2009) 125 p.
- [13] - B. BOYEMBA, Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, ULB, Bruxelles, (2011) 181 p.
- [14] - WOD, Structure dendrométrique et spatiale de deux agrégats de *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch. dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, Province Orientale, RDC), (2011) 37 p.
- [15] - R. SCHNELL, Introduction à la phytogéographie des horizons et étages de végétation de montagne au Congo oriental. Bulletin Jardin Botanique, Bruxelles (30) (1971) 75 - 94 p.
- [16] - B. ROLLET, Description, functioning and evolution of tropical forest ecosystems. 5. Organization. In : Tropical forest ecosystems. UNESCO (Eds), Paris, (1978) 112 - 142 p.
- [17] - M. MANGAMBU, R. VAN DIGGELEN, J-C. MWANGAMWANGA, H. NTAHOBAVUKA et E. ROBBRECHT, Espèces nouvellement signalées pour la flore ptéridologique de la République Démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (1) (2013c) 107 - 124 <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.10>

- [18] - M. S. TRAISSAC, Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de la forêt tropicale humide à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon I, (2003) 217 p.
- [19] - HUBBELL SP : Tree dispersion, abundance and diversity in tropical dry forest. *Science* 203, (1979) 1299 - 1309
- [20] - F. COLLINET, 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 I, (1997) 313
- [21] - F. HE, P. LEGENDRE and J. V. LAFRANKIE, Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. *Journal of Vegetation Science*, 8 (1997) 105 - 114
- [22] - R. CONDIT, S. P. HUBBEL, P. BAKER, S. BUNYAVEJCHEWIN, N. GUNATILLEKE, R. D. FOSTER, A. ITOH, J. V. LAFRANKIE, H. S. LEE, E. LOSOS, N. MANOKATAN, R. Q. SUKUMAR & T. YAMAKURA, Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 288 (2000) 1414 - 1418
- [23] - JS. HALL, J. J. MCKENNA, PMS. ASHTON and TG. GREGOIRE, Habitat characterizations underestimate the role of edaphic factors controlling the distribution of *Entandrophragma*. *Ecological Society of America, Ecology*, 85 (8) (2004) 2171 - 2183
- [24] - NC. MASUMBUKO, M. MANGAMBU et M. NYAKABWA, 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 Kivu, nouvelle série, 36 (1) (2008) 59 - 63
- [25] - W. LISINGO, 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, (2009) 91 p.
- [26] - S. TRAISSAC and JP. PASCAL, Birth and life of tree aggregates in tropical forest: hypotheses on population dynamics of an aggregated shade-tolerant species. *Journal of Vegetation Science*, 25 (2014) 491 - 502
- [27] - R. CONDIT, P. S. ASHTON, P. BAKER, S. BUNYAVEJCHEWIN, S. GUNATILLEKE, N. GUNATILLEKE, S. P. HUBBELL, RB. FOSTER, A. ITOH, JV. LAFRANKIE, HS. LEE and E. LOSOS, Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Sciences*, 288 (2000) 1414 - 1418
- [28] - BL. LOMBA, 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, (2012) 239 p.
- [29] - M. P. MENGA, Ecologie des peuplements naturels de *Millettia laurentii* De Wild. (Wenge) dans la région du lac Mâi-Ndombe, en RD Congo. Thèse de doctorat, FS/ UNIKIN, (2011) 190 p + annexes
- [30] - A. SHALUFA et E. ROBBRECHT, L. KATUSI, M. NSHIMBA, H. NTAHOBAVUKA et M. MANGAMBU, Structure, dispersion spatiale et abondance de la population à *Guarea thompsonii* Sprague et Hutch. (Meliaeae) dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Fabaceae) dans la Réserve Forestière de la Yoko en R.D. Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 23, (2014)
- [31] - W-C. CHAO, S-H. WU, H-Y. LIN, C-F. HSIEH & K. J. CHAO, , Distribution patterns of tree species in the Lanjenchi lowland Rain Forest. *Taiwania*, 52 (2007) 343 - 351
- [32] - L. LI, Z. HUANG, W. YE, H. CAO, S. WEI, Z. WANG, J. LIAN, F-I. SUN, K. MA & F. HE, Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China. *Oikos*, 118 (2009) 495 - 502
- [33] - M. R. T. DALE, Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge University Press, Cambridge, (1999) 326 p.
- [34] - J. L. DUNGAN, J. N. PERRY, M. R. T. DALE, P. LEGENDRE, S. CITRON-POUSTY, M-J. FORTIN, A. JAKOMULSKA, M. MIRITI & M. S. ROSENBERG, A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography*, 25 (2002) 626 - 640