UNIVERSITE DE KISANGANI

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : « EAUX ET FORETS »

BP 2012 KISANGANI

Influence de la texture du sol et de la topographie sur la distribution spatiale de *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin et de *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben dans les forêts de la Réserve forestière de la Yoko, Ubundu, R.D.Congo.

Par

Joseph OMATOKO MUTANGALA

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du **Diplôme d'Etudes Supérieures** en Aménagement Durable des Forêts

Promoteur : **Pr. Nshimba Seya (UNIKIS)**
Co- promoteur: **Pr Jan Bogaert (ULB)**

ANNEE ACADEMIQUE 2009-2010

EPIGRAPHE

Si vous trouvez en chemin, sur un arbre ou par terre, un nid d'Oiseaux avec la mère en même temps que les petits ; laissez la mère s'en aller et contentez-vous de prendre les petits. Vous jouirez alors d'une vie longue et heureuse.

http://www.fao.org/docrep/009/a0773f/a0773f00.HTM

OMATOKO MUTANGALA Joseph.

Remerciements

A l'heure où nous mettons la dernière main sur ce mémoire, nous éprouvons un réel plaisir doublé de fierté, de remercier toutes les personnes qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à sa réalisation.

Nos remerciements vont tout d'abord à tous les responsables de ce programme de Master en Aménagement des Forêts du Congo (AFORCO), il s'agit ici de Professeur Jan Bogaert (Coordonnateur principal du projet en Belgique) et Professeur Jean-Pierre Mate Mweru (Coordonnateur local du projet à Kisangani) de leurs efforts consentis pour organiser ce projet depuis son décollage jusqu'à son paisible atterrissage.

Cette formation scientifique combien coûteuse, nous l'avons bénéficiée grâce à l'appui financé de la Belgique représentée par la Commission Universitaire pour le Développement (CUD) à qui nous exprimons notre gratitude à tous les responsables soucieux de notre formation scientifique et académique.

C'est aussi l'occasion pour nous de tourner les pensées vers tous les professeurs et Docteurs Belges qui se sont déplacés du Nord au Sud, afin de nous enseigner. Leurs enseignements ont révolutionné et élargi notre connaissance scientifique, nous pensons particulièrement aux Professeurs Jan Bogaert, Jean Lejoly, Quentin Ponnette, Hans Beeckmans, Mme Joiris, Defourny, Blancher et tous les autres qui ont donné le meilleur d'eux-mêmes pour nous assurer une formation de qualité et de renommé internationale. Nous leurs remercions infiniment pour ce sacrifice.

Nous serons très ingrats si nous ne remercions pas toutes les Autorités académiques et Professeurs de l'Université de Kisangani en général et en particulier ceux de la Faculté des Sciences Agronomiques qui a accueilli cette formation et de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, berceau de notre formation scientifique. Nous pensons particulièrement aux Professeurs Léopold Ndjele, Tshimpanga, Lokombe, Gaston Kimbuani, et Hippolyte Nshimba.

Nous revenons ici d'une manière très particulière adresser nos sincères remerciements au Professeur Jan Bogaert, Chef de Service de l'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale à l'Université Libre de Bruxelles. Je mesure la confiance qu'il m'a accordée en me proposant ce thème de recherche, malgré mes connaissances très élémentaires en écologie du paysage. Dans toutes les étapes de ce travail, il m'a fait bénéficié de ses encouragements et remarques combien louables.

Nous adressons également notre profonde gratitude au Professeur Hippolyte Nshimba de l'Université de Kisangani pour avoir accepté la promotion de ce travail. Sa disponibilité et sa simplicité ont favorisé des échanges fructueux qui ont permis la finalisation de ce travail.

Ce travail a bénéficié de l'encadrement mérité de Doctorant Sylvain Kumba Lubemba du laboratoire d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale à l'Université Libre de Bruxelles et Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Sa présence permanente à notre côté sur terrain, aussi bien que ses remarques dans le traitement de ce travail, nous a facilité à mieux cerner les différentes techniques appliquées dans ce travail, lesquelles s'inscrivent dans le domaine récent de l'Ecologie du paysage. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude.

Si aujourd'hui, nous jouissons d'un grand privilège d'avoir rencontré des scientifiques nationaux et internationaux impliqués dans la gestion durable de la biodiversité végétale et aménagement forestier durable à Kisangani, grâce à ce programme et aux Professeurs suivants : Professeur Emérite Jean Lejoly, Professeurs Jan Bogaert pour la partie belge et Professeurs Léopold Ndjele, Jean-Pierre Mate et Hippolyte Nshimba pour la partie congolaise..Merci d'avoir porté votre choix sur nous et de nous avoir témoigné de la confiance.

Nous manquons des mots pour remercier les Professeurs Léopold Ndjele Mianda et Jean Lejoly, grâce à eux nous avons obtenu notre tout premier outil informatique qui nous a permis de stocker, d'analyser et de traiter les données de ce travail.

Nos remerciements à tout le corps académique et scientifique de la Faculté des sciences et de la Faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kisangani et à tous les professeurs qui ont contribué à ma formation. Que les Professeurs Ndjele, Mate, Nshimba, Moango Manga, Upoki, Dudu, Dhed'a, Ulyel, Mulotwa, Kamabu, Katuala, Kakonda, Ntahobavuka, Nyakabwa, Mbuyi les Chef des Travaux Bola, Lomba, Kahindo, Sabongo et Faustin Boyemba, trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Nous n'oublions pas nos chers collègues, Richard Lokoka, Janvier Lisingo, Shaumba et Helèna Ndinga pour leur assistance et soutien dans la réalisation de ce travail.

A tous nos collègues de master AFORCO, je tiens à vous remercier pour l'esprit d'équipe durant notre durée de formation passée ensemble. Je vous rassure chers collègues, même le tout dernier d'entre nous est le meilleur du Congo.

Ma famille n'a cessé de m'encourager, je suis très reconnaissant pour leur contribution et l'estime qu'ils me témoignent. Je remercie mes parents Nicolas Kasongo et Marie Ombela pour l'intérêt que vous portez à ma personne.

Nous sollicitons l'indulgence de tous ceux qui pensent nous avoir soutenus de quelque façon que ce soit, mais qui ne retrouvent pas ici leurs noms.

Enfin, Pour tout et en tout, je remercie vivement ma compagne Henriette Mangaza Lokombe et mes enfants (Adolphine Omatoko, Josué Omatoko et Daniel Omatoko) qui me soutiennent et me supportent dans leur cœur pour un avenir meilleur que seul notre Dieu et Seigneur connaît.

RESUME

Le présent travail dont le thème est «Influence de la nature du sol et de la topographie sur la distribution spatiale de *Julbernardia seretii* (De Wild) Troupin et de *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben dans les forêts de la réserve forestière de la Yoko, Ubundu, R.D.Congo» ; est une étude préliminaire qui vise à comparer et caractériser la distribution spatiale de ces essences sur le sol argileux et sableux sur une superficie de 9 ha chacun dans la forêt semi-caducifoliée de la Yoko.

L'inventaire en plein des individus à dbh≥ 10 cm de *P. macrocarpus* et *J. seretii* a donné 298 pieds de *P.macrocarpus* sur le sol argileux ; 96 pieds sur le sol sableux, 97 pieds de *J. seretii* sur sol argileux et 155 pieds au niveau de sol sableux.

Les résultats issus du calcul d'indice d'agrégation de Clark et Evans à partir de la méthode de voisin le plus proche «Nearest Neighbor Method», de Hines et Hines à partir de la méthode d'échantillonnage «T-Square Sampling Procedure» ont indiqué une distribution agrégée pour *P. macrocarpus* sur le sol argileux et *J. seretii* sur le sol sableux argileux tandis que une distribution aléatoire pour *P. macrocarpus* sur sol sableux et *J. seretii* sur le sol argileux

L'Analyse Canonique des Correspondances (CCA en anglais) indique que l'essence *Petersianthus macrocarpus* est très corrélée à la matière organique, au pH, au % d'argile et à la topographie en plaines disséquées tandis que *J. seretii* est corrélée à la conductivité, phosphore, au % de sable et à la topographie en plateau.

Mots clés : *Petersianthus macrocarpus ; Julbernardia seretii ;* répartition spatiale, topographie ; nature de sol.

SUMMARY

The present work whose theme is "Influence of soil type and topography on the spatial distribution of Julbernardia seretii (De Wild) Troupin and Petersianthus macrocarpus (P. Beauv.) Liben in the forests of the Forest Reserve Yoko Ubundu, DRCongo "is a preliminary study that aims to compare and characterize the spatial distribution of these species on clay and sandy soil over an area of 9 ha each in the semi-deciduous forest of Yoko.

The full inventory of individuals ≥ 10 cm dbh of P. macrocarpus and J. seretii gave P.macrocarpus of 298 feet on the clay soil, 96 feet on the sandy soil, 97 feet by J. seretii on clay soil and 155 feet in sandy soil.

The results from the calculation of dissimilarity index of Clark and Evans from the method of nearest neighbor "Nearest Neighbor Method," Hines and Hines from the sampling "T-Square Sampling Procedure" indicated an aggregated distribution for P. macrocarpus on clay soil, and J. seretii on sandy clay soil, while a random distribution for P. macrocarpus on sandy soil and J. seretii on clay soil

The Canonical Correspondence Analysis (CCA English) indicates that the essence Petersianthus macrocarpus is correlated with organic matter, pH,% clay and topography of plains dissected while J. seretii is correlated to the conductivity, phosphorus,% sand and shelf topography.

Keywords: Petersianthus macrocarpus; Julbernardia seretii, spatial distribution, topography, soil type

CHAPITRE PREMIER: INTRODUCTION

1.1. Contexte et justification

L'intérêt de protéger les forêts denses tropicales humides n'est plus à défendre, comme l'a rappelé la conférence de Rio en 1992 et encore récemment le sommet de Copenhague (2009). Ce souci de protection nécessite une meilleure compréhension de la structure et de la dynamique de fonctionnement de ces écosystèmes forestiers forts complexes. Perçues comme le lieu dune biodiversité extrême, elles représentent dans l'imaginaire collectif, l'ultime recours contre la pollution et l'effet de serre (Froment & Bahuchet, 2003). Le sommet de la CNUCED (Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement) de Rio de Janeiro de 1992 qui a permis l'adoption de la Convention sur la Biodiversité, marque un tournant dans les politiques de conservation et de valorisation des espaces et des ressources naturelles. (FAO, 2007)

La convention sur la diversité biologique (Rio, 1992) stipule que « les ressources et les terres forestières doivent être gérées d'une façon écologiquement viable afin de répondre aux besoins sociaux, économiques, écologiques, culturels et spirituels des générations actuelles et futures » (ATIBT, 2007).

Les forêts tropicales humides participent à la purification et au recyclage de l'eau, à la lutte contre le réchauffement climatique. A l'échelle de la planète, on sait que la quantité de CO2 piégée par les forêts est 45 fois supérieure à celle émise chaque année par l'exploitation des énergies fossiles et la fabrication de ciment. Or, il s'avère que le massif forestier de la RDC renferme seule 8% de ce volume ; ce qui fait de lui le premier piège forestier à carbone d'Afrique et le quatrième dans le monde. De plus, certaines prévisions tablent sur une disparition de 40% des forêts du Congo d'ici à l'horizon 2050. (Déclaration de Bruxelles, Op. Cit.). D'où la nécessité de développer une gestion forestière durable.

L'exploitation durable de la biodiversité demande dans premier temps de connaître le fonctionnement d'un écosystème forestier et en particulier des interactions entre les arbres. La structure spatiale d'un écosystème, c'est-à-dire la manière dont sont organisés dans l'espace les individus qui le composent, joue souvent un rôle essentiel dans son fonctionnement. Pour un peuplement forestier, par exemple, la structure spatiale détermine l'environnement local

autour de chaque arbre (en particulier le nombre de voisins) et donc influence les processus naturels comme la croissance et la mortalité (Delvaux 1981, Barrot *et al.* 1999). La structure spatiale influence également le développement des graines et donc la régénération du peuplement. Inversement, les processus naturels ou les actions anthropiques modifient à leur tour la structure spatiale du peuplement qui se trouve donc dans un cycle de rétroaction schématisé par la Figure 1.

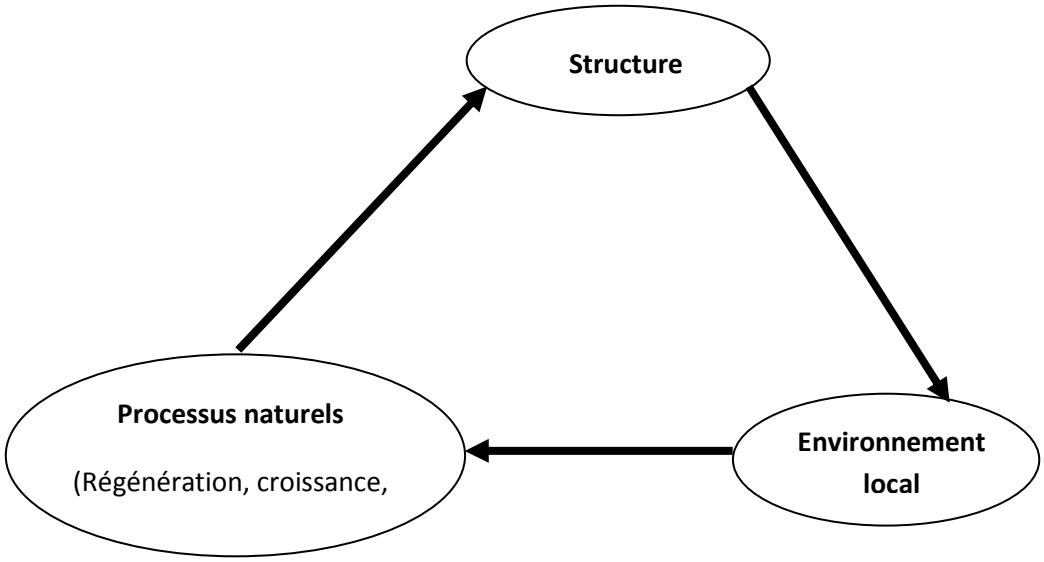


Figure 1. *La structure spatiale dans la dynamique d'un peuplement forestier (Source :Goreaud, 2000)*

L'importance de la structure spatiale des écosystèmes paysagers pour éclairer les processus écologiques est reconnue par la communauté écologique (Fortin, 2002). Chaque système écologique est caractérisé par une interdépendance de trois éléments : sa configuration, sa composition et son fonctionnement. Un changement d'un des éléments aura des répercussions sur les deux autres.

Si la structure spatiale d'une composante paysagère change, par exemple suite à la fragmentation d'une zone forestière, les processus de migration qui utilisent cette forêt comme habitat changeront également. En plus, si l'écosystème considéré est fragmenté, la composition du paysage connaîtra une dynamique, car les zones initialement couvertes par la forêt seront remplacées par une autre classe d'occupation du sol. Ce principe justifie l'importance donnée en écologie du paysage à l'étude des structures spatiales des paysages.

En plus, les structures caractéristiques des paysages sont vraisemblablement le résultat de l'action des processus écologiques, c'est-à-dire certains processus (écologiques) produisent des configurations particulières (par exemple, les habitats spatialement dispersés proviennent de la fragmentation). En analysant les structures du paysage et leur dynamique, des déductions utiles au sujet des processus (écologiques) fondamentaux peuvent être faites, et vice versa (Coulson & *al*, 1999 ; Bogaert & *al*, 2004). Cette proposition est connue sous le terme de « pattern / process paradigm » et est une hypothèse centrale de l'écologie du paysage, aussi souvent définie comme « une branche de la science développée pour étudier les processus écologiques dans leur contexte spatial » (Antrop, 2001 ; Stine & Hunsaker, 2001 in (Bogaert et Mahamane, 2005)

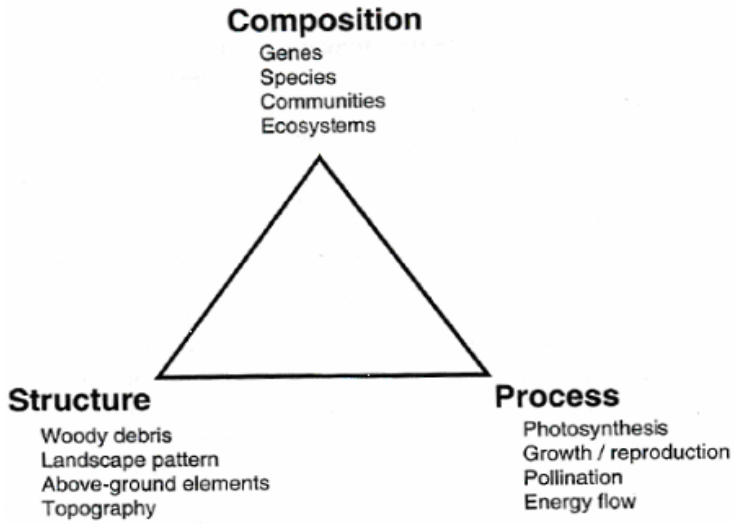


Figure 2*. Les éléments clés de chaque système écologique, applicable à chaque échelle spatio-temporelle : la structure du paysage, la composition et les fonctions présentes dans le paysage. Les éléments sont connectés par un triangle équilatéral pour illustrer leur interdépendance. D'après Noon & Dale (2002).*

L'analyse de structure spatiale de peuplements forestiers est de plus en plus utilisée en recherche forestière. Les informations sur la structure spatiale des individus en forêts hétérogènes pourraient améliorer notre connaissance de ces milieux et notre compréhension des processus écologiques qui y interviennent (Moeur, 1997 ; Stoyan & Penttinen, 2000 ; McNab et *al*, 2004 ; Pommerening, 2002). De plus, des connaissances sur la structure spatiale renseignent sur l'écologie des peuplements forestiers hétérogènes. Et une bonne connaissance

de ces milieux permettrait des approches de modélisation réalistes. (Tomppo, 1986 ; Pélissier & Goreaud, 2001 ; Aguirre et *al*, 2003 ; Pommerening, 2006)

En fonction du résultat de l'analyse de la structure spatiale, on pourra caractériser la structure spatiale de trois manières c'est-à-dire les individus d'une population peuvent être distribués dans l'espace selon trois modes principaux: uniforme, au hasard, agrégé (Clark et Evans, 1954; Ludwig et Reynold, 1988; Dajoz, 2003 ; Kumba, 2007 ; Nshimba, 2008).

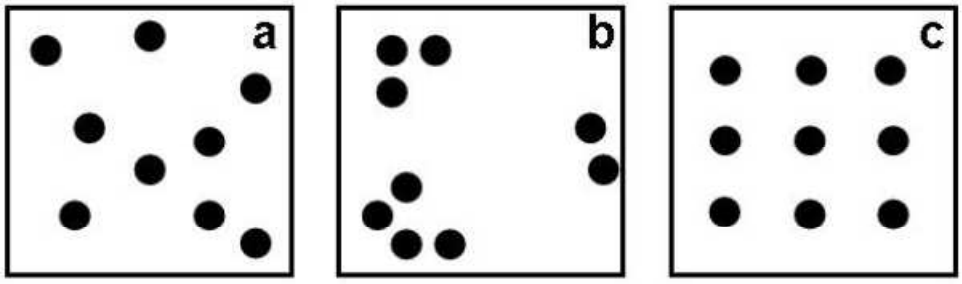


Figure. 3*. Les trois grands types de structure spatiale : (a) une structure spatiale aléatoire quand, étant donné la localisation d'un individu, la probabilité qu'un autre individu se trouve à proximité est non affectée ; (b) une structure spatiale agrégée quand cette probabilité est augmentée ; et (c) une structure spatiale uniforme quand cette probabilité est réduite (Butler, 2000).*

La répartition au hasard (ou aléatoire) existe dans des milieux très homogènes chez les espèces qui n'ont aucune tendance à se grouper et pour lesquelles la position dans l'espace de chaque individu est indépendante de celles des autres. La répartition en agrégat est plus fréquente. Elle est due à des variations des caractéristiques du milieu ou bien au comportement des êtres vivants qui ont tendance à se grouper. La distribution uniforme ou régulière est rare. Elle est l'indice d'une intense compétition entre les individus. En d'autres termes, étant donnée la localisation d'un individu, la probabilité qu'un autre individu se trouve à proximité est non affectée pour une distribution aléatoire. Elle est augmentée pour une distribution agrégée et elle est réduite pour une distribution uniforme (Bütler, 2000; Goreaud, 2005 ; Kumba, 2007 ; Frontier et *al*, 2008)

La distribution spatiale d'un peuplement forestier est fonction du milieu et de comportement des espèces. La structure spatiale souvent observée est le résultat de l'interaction entre le végétal et son environnement. L'environnement dans lequel une plante croît a des

répercussions sur son développement et donc son architecture (Leemans, 1991). Les nombreuses combinaisons des facteurs mésologiques de nature physiographique, édaphique, éco-climatique ainsi que les variations de ces facteurs induisent des types de végétations fort dissemblables. Les régimes des pluies, l'humidité atmosphérique, les variations saisonnières et de la température en fonction principalement de la latitude et de l'altitude, favorisent au Congo, une gamme étendue de mécanismes et conditionnent divers états d'équilibre de la végétation forestière.

Parmi les caractéristiques écologiques d'une espèce, la répartition spatiale de ses individus occupe une place particulière. Elle est le résultat des interactions de l'espèce avec son environnement abiotique (préférence édaphique, adaptation à différentes intensités lumineuses) et biotique (compétition interspécifique, prédation et dissémination par les animaux). Mais c'est aussi une caractéristique importante de sa biologie. La répartition spatiale des individus peut conditionner la manière dont l'espèce utilise les ressources du milieu (compétition intraspécifique), comment elle est elle-même utilisée comme ressources (prédation densité –dépendante) (Traissac, 2003).

D'autres études ont démontré que les gradients purement physiques (texture du sol, topographie, mode drainage) influencent la distribution de certaines espèces de forêt tropicale. Par exemple Newbery et *al* (1986) ont mis en évidence des espèces associées à des sols plutôt sableux, et d'autres associées à des sols plutôt argileux. Sabatier et al (1997) ont quant à eux démontré que le mode de drainage des sols (plutôt vertical ou plutôt horizontal) était corrélé à un changement de composition spécifique des communautés en forêt tropicale. Maley et *al.*(1997) quand à eux revient sur les modifications qualitatives et quantitatives dues aux actions de l'homme, sur les écosystèmes.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la distribution spatiale, par exemple l'hétérogénéité d'habitat peut influencer significativement la composition et la structure forestière (Sun, 1993 ; Hsieh, 2004 ; Chao, 2007) et donner une distribution agrégée (Szwagrzyk et Czerwczak, 1993 ; Duncan, 1993), les propriétés du sol (Chen et *al*, 1997).

1.2. Hypothèses et objectifs

Ce travail s'inscrit dans le cadre du domaine récent de l'Ecologie du paysage. Il a comme objectif global d'étudier l'influence de la topographie et texture du sol sur la distribution spatiale des espèces arborescentes des forêts de la Yoko aux environs de Kisangani. Trois hypothèses ont été formulées afin d'atteindre cet objectif global:

Hypothèse 1: L'hétérogénéité spatiale remarquée dans les forêts de la Yoko confère aux espèces arborescentes s'y trouvant des types de distributions particulières. Les espèces présentent suivant le type d'habitat, une distribution agrégée ou aléatoire mais pas uniforme.

Hypothèse 2: La distribution spatiale observée pour une espèce est fonction de la microtopographie de l'habitat. Certaines espèces préfèrent s'installer sur les pentes, collines ou bas-fond, d'autres par contre se retrouvent bien sur les surfaces plaines ou plateaux.

Hypothèse 3: La texture du sol des forêts de la Yoko influence sur l'arrangement spatial des espèces arborescentes. Les unes ont une préférence pour le sol argileux, les autres pour le sol sableux.

Pour vérifier les hypothèses ci-dessus, les objectifs spécifiques suivants ont été fixés :

- Caractériser la distribution spatiale de deux espèces (*Julbernardia seretii* et *Petersianthus macrocarpus*) par deux techniques des distances entre voisins les plus proches telles qu'appliquées en Ecologie du paysage afin de déterminer si la distribution spatiale des espèces est agrégée ou aléatoire ;

- Comparer les deux méthodes de distances entre voisins les plus proches utilisées quant à l'aboutissement des résultats issus des tests statistiques d'entr'elles afin de trouver laquelle de deux est convenable, plus pratique et simple ;

- Evaluer l'influence de la topographie et la texture du sol sur la distribution spatiale des espèces afin de contribuer à la connaissance écologique des espèces arborescentes,

importante pour la conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles des forêts de Kisangani.

1.4. Milieu d'étude

1.4.1. Zone d'étude

Notre étude était menée dans les 18 ha (du bloc Nord) du dispositif expérimental permanent de 400 ha de la réserve forestière de la Yoko, retenus pour des études de dynamique forestière, durant deux mois

1.4.2. Situation géographique de Yoko

La réserve forestière de Yoko est délimitée au Nord par la ville de Kisangani et les forêts perturbées, au Sud et à l'Est par la rivière Biaro qui forme une demi-boucle en suivant cette direction, à l'Ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle se prolonge des points kilométriques 21 à 38 (Lomba, 2008). Sa station (camp) correspond aux coordonnées géographiques suivantes: latitude Nord : 00° 29' 40,2'', longitude Est – Ouest : 25° 28' 90,6'' et altitude : 435 m.

Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties dont la réserve nord avec 3 370 ha et la réserve sud avec 3 605 ha (Figure 1), soit une superficie globale de 6 975 ha.
La réserve forestière de Yoko est située dans le district de la Tshopo, dans le territoire d'Ubundu et dans la collectivité Bakumu-Mangongo.

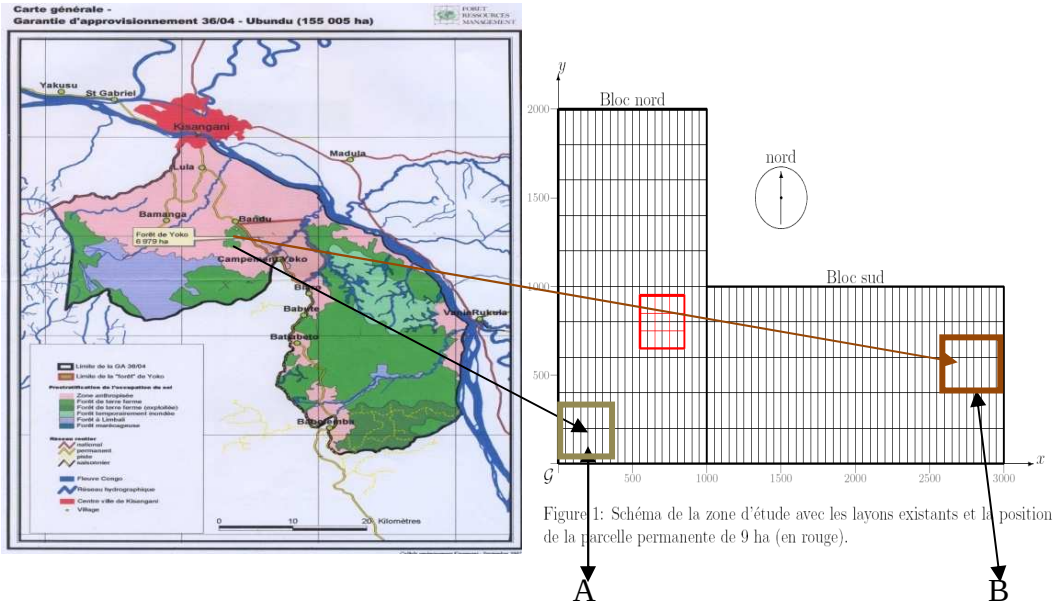


Figure 1: Schéma de la zone d'étude avec les layons existants et la position de la parcelle permanente de 9 ha (en rouge).

Figure.4*. A gauche, localisation de la réserve forestière de Yoko et à droite, nos deux sites d'étude de 9 ha chacun (Site A sur sol sableux et Site B sur sol argileux ; en rouge la parcelle permanente de 9ha), tous sur le grand dispositif de 400 ha installé par le projet REAFOR en RD Congo.*

1.4.3. Situation climatique

Notre zone d'étude jouit d'un climat typiquement équatorial chaud et humide du type Af selon la classification de Köppen.

Les précipitations moyennes restent élevées toute l'année (1750 mm/an), mais leur répartition n'est pas uniforme. On y observe des fléchissements de précipitations entre décembre-février et juin-août. Pour le mois le plus sec, la moyenne de précipitations avoisine 60 mm (Trochain, 1980).

Les moyennes mensuelles de température à Kisangani oscillent entre 23,7 et 25,3° C avec une amplitude thermique annuelle faible de 1,6° C. 24,3° C constitue la moyenne annuelle de température (Mate, 2001) L'humidité relative moyenne mensuelle est estimée à 84%. (Voir annexe Tableau 1).

1.5.4. Caractéristiques géologiques et géomorphologique

Les sols de la région de Kisangani sont caractéristiques des sols de la cuvette centrale congolaise. Ces sont des sols ferrallitiques (classification française) des forêts tropicales ou encore appelés ferralsols (classification de la FAO) ou encore Oxisols (classification de l'USDA), sont caractérisés par leur épaisseur considérable et une coloration rouge à jaune, le pH acide (pH < 6) (SYS, 1960).

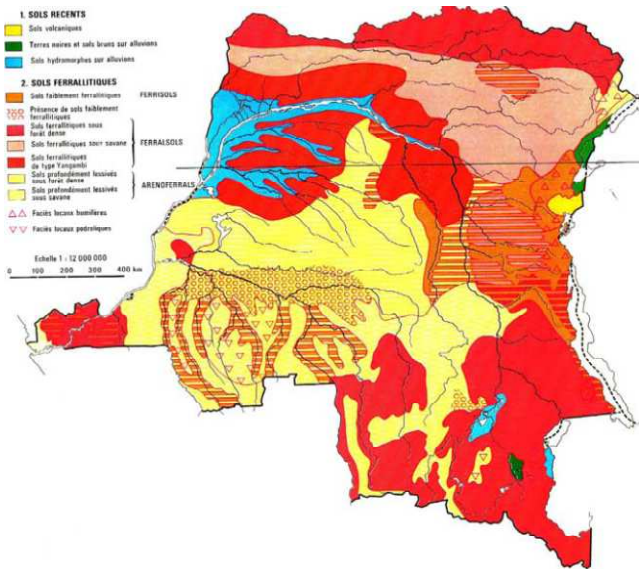


***Figure 5** : Sols récents et ferralitiques de la RDC ; en rouge foncé : sol ferralitique du type Yangambi. (Source : Fahen, 1978 in Kombele, 2004).*

En analysant la carte de sols établie par SYS (1960), les sols de notre zone d'étude sont des sols ferrallitiques des plateaux du type Yangambi, Ils sont caractérisés par la présence ou non d'un horizon B (d'environ 30 cm d'épaisseur), une texture argileuse (environ 20%), des limites diffuses, une faible C.E.C. (moins de 16 méq/100 g d'argile), une composition d'au moins 90% de la Kaolinite, des traces (moins de 1%) de minéraux altérables tels que feldspaths ou micas, moins de 5% de pierres (Calembert, 1995 in Kombele, Op. Cit.).

Généralement sablo-argileux, acide, renfermant de combinaisons à base de sable, pauvre en humus et en éléments assimilables par les plantes, à cause du lessivage dû aux pluies abondantes. Ils ont une fertilité moyenne et conviennent à la culture des plantes ligneuses et associations légumineuses-graminées (Nyakabwa, 1982).

1.6. Présentation de deux espèces étudiées

1.6.1. *Petersianthus macrocarpus*

Famille : Lecythidaceae ; Genre : Petersianthus ; Nom: Petersianthus macrocarpus ;
Nom vernaculaire: Essia ou Esia

Grand arbre très fréquent en forêt dense humide, sans contreforts et à écorce grise très fissurée, à bois jaune assez dur et peu utilisable, le fruit est muni de 4 ailes demi-circulaires disposées en croix, comme chez de nombreux Combretum ; les feuilles sont garnies au-dessous, à l'aisselle des nervures latérales, de petites pochettes

***Habitat* :** *P. macrocarpus* est une essence de forêt secondaire adulte rencontrée dans d'autres types forestiers plus évolués (Lubini, com. orale). Kanu (2003) et Dipapoundjil (2003) la classent parmi les essences caractéristiques de forêts secondaires adultes. C'est une plante héliophile tolérante (Dipapoundjil, Op. Cit.) répartie phytogéographiquement dans la zone guinéocongolaise ou omniguinéenne (Lejoly et *al*., 1988). Lejoly (2000) et N'gasse (Op. Cit.) témoignent de la présence de cette essence dans la forêt dense semi-caducifoliée (massif de Ngotto). Letouzey (1982) renseigne que cette essence est très fréquente en forêt dense humide.

Usage : *P. macrocarpus* est une plante agroforestière. Elle héberge des nids d'abeilles et des chenilles comestibles (*Imbrasia epinethea et I. trunctata*) très appréciées (Lubini 1999, 2003 ; Kanikani 2007 ; N'gasse, 2003).

1.6.2. *Julbernardia seretii*

Famille : Fabaceae **;** S/Famille **:** Caesalpinioidae **;**Genre: ***Julbernardia***Nom: ***Julbernardia seretii*** (De Wildeman) Troupin; Nom vernaculaire: **Alumbi**Grand arbre muni de contreforts élevés, minces. Stipules intrapétiolaires, caduques. Feuilles à (2-) 3 (-4) paires de folioles opposées ; Fleurs odorantes, blanches. Fortes gousses ligneuses.

Habitat : Elément important de la forêt ombrophile, dense et sans sous-bois, de plateau ou périodiquement inondée, et jusqu'à 900 m d'altitude (Flore du Congo belge de Rwanda-Urundi, 1952).

Chapitre II : Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

Pour arriver à récolter les données dans des bonnes conditions, nous avons utilisé un certain nombre de matériels à savoir: deux télémètres LEICA pour mesurer la distance entre voisins les plus proches, un penta décamètre, un GPS de marque Garmin 60 CsX, un mètre ruban, un clinomètre, une boussole suunto, des Fiches des récoltes des données et un appareil photo numérique

2.2. Méthodes de collecte des données

2.2.1. Choix de dispositif d'étude

En vue de coupler la distribution spatiale des espèces avec quelques paramètres environnementaux (facteurs abiotiques), nous avons au préalable identifié deux sites différents dans la réserve forestière de la Yoko. Les deux sites choisis (zone A et zone B), séparés par une distance d'environs trois Kilomètres, se distinguent bien visuellement par la texture du sol et leur topographie.

La texture, sableuse ou argileuse, a été déterminée grossièrement sur le terrain en compressant dans la main un échantillon humidifié de sol pour lui donner une forme de « boudin ». Si celui-ci conservait sa forme sans se briser, nous considérions alors le sol comme étant « argileux ». Les analyses granulométriques ont permis par la suite de vérifier ces estimations. Ces deux habitats ont fait l'objet d'une étude antérieure (2009) menée à la Yoko ayant porté sur les facteurs déterminant l'organisation de la diversité végétale des strates supérieures dans les forêts tropicales humides du bassin congolais par Vleminckx (2009).

Il est à signaler que nos objectifs sont bien différents avec ceux de Vleminckx. Nous avons cependant utilisé les mêmes sites ou dispositif que lui pour juste des raisons évidentes de fiabilité des résultats d'analyse granulométrique obtenus à partir des échantillons du sol issus de ces sites. Les analyses sur lesquelles porte ce travail ont été effectuées au laboratoire d'Ecologie végétale et Bio géochimie de l'Université Libre de Bruxelles. Ces résultats ont

montré une démarcation nette, sur le plan texturale du sol, entre les deux sites ; la zone A est sur le sol sableux tandis que la zone B est sur sol argileux.

Le tableau 1 présente les résultats de Vleminckx sur le même dispositif que nous.

Tableau 1 *: Moyennes et écart-types des variables édaphiques dans les différentes zones de récolte de site de Yoko. Indice de significativité (* = p<0.05 ; ** = p<0.01 ; *** = p<0.001). Zones 1s et 1a : zone d'interface sable/argile, zone 2 : 1 km et zone 3 : 2,5 km.*

VARIABLE	ZONE 1s (sableux)	ZONE 1a (argileux)	Effet sol	ZONE 2 (sableux)	ZONE 3 (argileux)
% argile	7.11 (± 3.74)	21.93 (± 4.16)	0.891***	5.71 (± 0.13)	19.18 (± 4.15)
% sable	83.25 (± 1.97)	50.83 (±11.75)	0.91***	89.11 (± 0.84)	55.97 (± 6.93)
pH	3.52 (± 0.21)	4.24 (± 0.73)	0.499**	3.59 (± 0.16)	4.03 (± 0.28)
% mat. organiques.	2.88 (± 0.93)	5.76 (± 2.14)	0.677***	1.99 (± 0.52)	4.98 (± 1.52)
Conductivité (µS/cm)	328 (± 75)	553 (± 257)	0.113*	277 (± 67)	215 (± 75)
[Phosphore] (µg/g)	31.74 (± 3.64)	17.98 (± 2.77)	0.8999***	35.94 (± 2.02)	18.33 (± 1.41)

2.2. Méthodes

Pour mener à bien l'analyse de la structure spatiale des espèces par les méthodes basées sur des distances, le choix des espèces était une étape préalable importante pour notre recherche. Ainsi pour y parvenir, nous nous sommes référé aux résultats obtenu par Lisingo (2009) sur les deux sites montrant la présence similaire de ces deux espèces (*Julbernardia seretii et Petersianthus macrocarpus*) sur les deux types de sol (argileux et sableux).

Tous les individus dont le diamètre à hauteur de poitrine (soit 1,3 m au dessus du niveau du sol) ≥ 10 cm ont été mesurés pour les deux espèces.

2.2.1. Méthodes basées sur des distances

2.2.1.1 *Analyse de la structure spatiale : la méthode de distance au plus proche voisin*

Dans la nature un peuplement forestier est représenté par un semis de points. La structure d'un peuplement peut donc être caractérisée par celle du semis. Il existe pour cela de nombreuses méthodes, qui utilisent par exemple la propriété de second ordre du processus. Dans ce travail de Master, nous avons choisi de nous concentrer sur deux méthodes d'analyse de la structure spatiale proposées par Clark et Evans (1954) ; **«** *Nearest-Neighbor Method* **»** et l'autre par Hines et Hines (1979) **«** *T-Square sampling procédure* **»**.

2.2.1.2. *Nearest-Neighbor Method et Indice de « Clark et Evans »*

Cette méthode de la distance au plus proche voisin est basée sur la distance moyenne entre un individu et son plus proche voisin. Elle est utilisée lorsqu'on dispose d'une carte de la distribution spatiale d'une population, contenant le nombre exact d'individus et la surface étudiée.

Dans ce cas, dans la pratique, nous connaissons la *densité* de la population (nombre d'individus divisé par la surface). Avec les coordonnées (X, Y) pour chaque individu, le calcul de l'indice d'agrégation permet de caractériser la distribution spatiale.

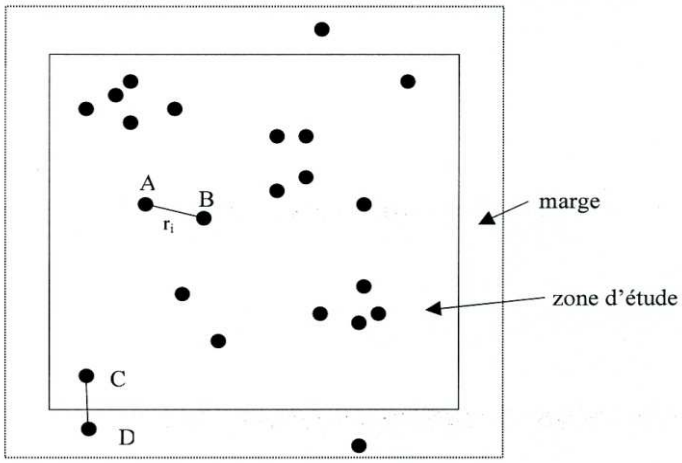


Figure 6*. Illustration schématique de la « Nearest-Neighbor Method ». La zone d'étude est entourée par une marge. Dans certains cas, le voisin le plus proche d'un individu est situé dans la marge (par exemple D pour C).*

La densité φ de la population est

$$\varphi = \frac{Nombred'individusdanslazoned'étude}{Surfacedelazoned'étude} \quad (9)$$

Clark et Evans (Op.Cit.) furent les premiers à proposer une méthode pour l'analyse de la distribution spatiale sur la base d'une carte. Comme mesure ils utilisèrent la distance r_i entre un individu et son voisin le plus proche (Figure 6 : A → B).

Cette distance est mesurée pour tous les individus cartographiés. Il est nécessaire de créer une marge autour de la zone étudiée, pour que la méthode ne soit pas biaisée, car des individus situés à proximité de la limite de la zone d'étude (par exemple individu C) ont tendance à avoir des « nearest-neighbor distances » plus grandes que les individus se trouvant au milieu. Le voisin le plus proche d'un individu (par exemple C) peut donc être situé à l'extérieur de la zone d'étude (individu D). D'après Sinclair (1985), sans marge, le test de Clark et Evans régularise les distributions: une distribution agrégée sera évaluée comme étant aléatoire, une distribution aléatoire comme uniforme. Ce biais est énorme pour des petites populations ($n < 100$).

On obtient : $\overline{ro}$ (distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche) $= \frac{\sum ri}{n}$ (10)

Avec r_i = distance jusqu'au voisin le plus proche pour l'individu i

n = nombre d'individus dans la zone d'étude

Pour une grande population à distribution aléatoire, la distance moyenne attendue jusqu'au voisin le plus proche peut être calculée facilement :

$\overline{r\varepsilon}$ (□distance attendue jusqu' au voisin le plus proche) $= \frac{1}{2\sqrt{\varphi}}$ (11)

Nous pouvons ensuite mesurer l'éloignement de la distribution observée de la distribution aléatoire par le rapport :

$$R = -\frac{\overline{ro}}{\overline{r\varepsilon}} indiced'agrégation \quad (12)$$

Si la distribution spatiale est aléatoire, $R = 1$. Si elle est agrégée, R s'approche de 0.

Pour une distribution uniforme, R s'approche d'une limite supérieure d'environ 2.15.

Un test simple de la signification pour l'éloignement de la distribution aléatoire est donné par

$$Z = \frac{\overline{ro} - \overline{r\varepsilon}}{Sr} \quad (13)$$

Avec z = déviation standard normale

S_r = erreur standard de la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche

$$Sr = \frac{0{,}26136}{\sqrt{n\varphi}} \quad (14)$$

n = nombre d'individus dans la zone d'étude ; φ = densité d'individus dans la zone d'étude

Il existe beaucoup d'autres méthodes basées sur les mesures de distance, par exemple les distances jusqu'au 2ème, 3ème, jusqu'au nème voisin.

2.2.1.3. *« T-Square Sampling Procedure » et le test de Hines and Hines*

Lorsqu'on ne dispose pas d'une carte de la population ou de la végétation à étudier ,et que l'on aimerait connaître ou caractériser la distribution spatiale d'une espèce ou d'un arbre dans un paysage forestier, cette méthode est appropriée à cet effet. Elle est une méthode d'échantillonnage ne se basant pas sur la densité de la population (Besag et Gleaves, 1973 in Rita, 2000)

Dans ce cas, des points aléatoires (coordonnées X, Y aléatoires) sont choisis dans la zone d'étude.

Pour chaque point aléatoire, prendre deux mesures :

1. la distance (xi) du point aléatoire (O) jusqu'à l'individu le plus proche (P)

2. la distance (zi) de l'individu (P) jusqu'à son voisin (Q) avec la condition que l'angle OPQ doit être > 90° (T-Square distance).

Si le voisin le plus proche ne se trouve pas à l'intérieur de cet angle, il faut prendre le deuxième voisin et ainsi de suite, jusqu'à en trouver un qui satisfasse la condition comme le montre la figure 7.

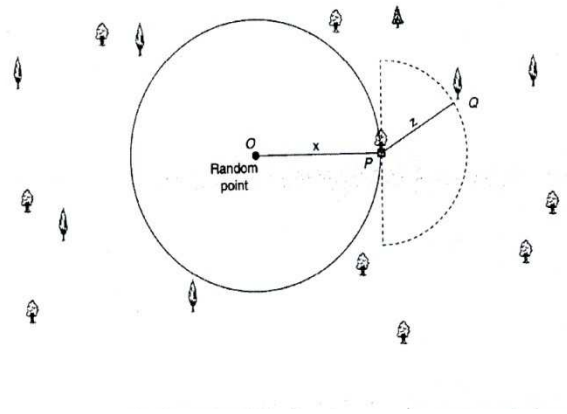


Figure 7. *T-Square Sampling Procedure. Depuis un point aléatoire O situé dans la zone d'étude, la distance x jusqu'à l'individu P le plus proche est mesurée. Une deuxième distance z depuis P est mesurée jusqu'à l'individu Q le plus proche de P, avec la contrainte que l'angle OPQ > 90°. La procédure est répétée pour une série de n points aléatoires. Les arbres symbolisent les individus dans la population. Source : Krebs (1998).*

Sur la base des données issues de la méthode T-square, il est possible, avec un test développé par Hines et Hines (Op.Cit.), de tester l'hypothèse de distribution pour notre population.

$$h_T = \frac{2n\left\{2\sum (x_i^2 + \sum z_i^2\right\}}{\left\{(\sqrt{2}\sum x_i + \sum z_i\right\}^2} \quad (15)$$

Avec h_T = test statistique de Hines pour vérifier si les données T-square sont aléatoires

n = taille d'échantillon (nombre de points aléatoires) ;

x_i = distance entre point aléatoire et individu le plus proche ;

z_i = « T-Square distance » entre individu et voisin le plus proche ;

Le résultat de ce test statistique est évalué par rapport à des valeurs critiques dans le tableau (voir annexe).

Des valeurs basses pour h_T indiquent une distribution uniforme, des valeurs élevées une distribution agrégée. Pour une distribution aléatoire, h_T est de 1.27 ; des valeurs < 1.27 indiquent donc une distribution uniforme et des valeurs > 1.27 une distribution agrégée.

2.2.2. Topographie

Une pente est l'inclinaison d'un terrain. Elle se mesure en degré ou en pourcentage. La pente peut être une contrainte naturelle pour l'installation humaine : elle peut être le théâtre d'éboulement ou de glissement de terrain. Mais elle peut être également le support d'activités humaines. (Blanc et *al*, 2003).

Ainsi pour chaque zone de 9 ha, quatre layons de 400 m chacun étaient installés sur chaque site et à chaque 50 m tout au long de layon les mesures de la pente ont été mesurées à l'aide d'un clinomètre Suunto.

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS

Cette partie présente les résultats obtenus regroupés en trois parties:

Les résultats obtenus de l'inventaire de deux sites dont 9 ha chacun ; résultats issus de tests statistiques de deux méthodes des distances entre voisins les plus proches pour la caractérisation de la distribution spatiale des espèces et enfin les résultats de l'analyse des facteurs environnementaux couplés aux espèces réalisés par le logiciel Canoco (CCA).

3.1. Résultats de l'inventaire

Pour les deux sites d'étude, nous avons inventorié 646 individus de *Petersianthus macrocarpus* et *Julbernardia seretii* répartis dans l'ordre suivant :

- Au total 394 individus de *P. macrocarpus* inventoriés sur les deux sites dont 298 sur sol argileux et 96 sur sol sableux; et 252 individus de *J. seretii* dont 155 sur sol sableux et 97 autres sur sol argileux.

L'espèce *P. macrocarpus* à un nombre élevé d'individu sur le sol argileux soit une densité de 0, 003 ind/m^2 que sur sol sableux (0,001 ind/m^2) tandis que *J. seretii* est plus fréquente sur le sol sableux (0,002 ind/m^2) que sur sol argileux (0,001 ind/m^2).

3.1.1. Distribution en classes de diamètre des tiges de *P. macrocarpus* et *J. seretii*.

3.1.1.1. *Julbernardia seretii* sur sol sableux et argileux

Les 155 individus inventoriés sur le sol sableux sont répartis en 9 classes de diamètre et 97 sur sol argileux ont donné 7 classes.

La figure 8 ci-dessous donne la distribution des individus de *J. seretii* en fonction des classes de diamètre.

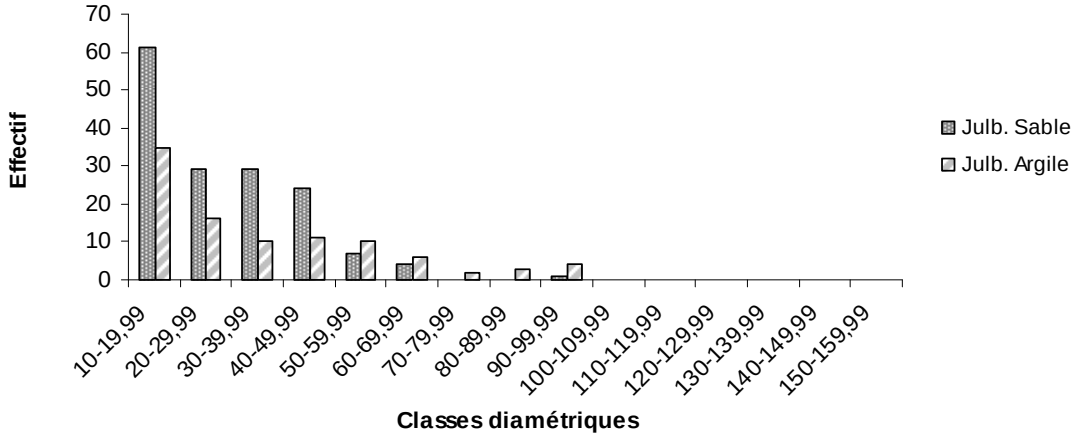


***Figure 8**: Distribution en classes diamétrique de Julbernardia seretii sur le sol sableux et argileux.*

La figure 8 montre la dominance d'individus de *J. seretii* sur sol sableux par rapport au sol argileux surtout dans les 4 premières classes et l'inverse pour les restes de classes. Les individus de *J. seretii* de 4 premières classes c'est-à-dire compris entre 10 à 40 cm sont beaucoup plus abondants sur le sol sableux que d'autres classes. Ce graphique nous révèle une figure en J inversée, c'est-à-dire que le nombre d'individus décroit avec l'augmentation des classes de diamètre avec R^2 = 88 %. Par contre sur le sol argileux, ce sont les 5 premières classes qui dominent par rapport aux autres c'est-à-dire des individus compris entre 10 à 50 cm. La figure est toujours en J inversée avec R^2 = 89 %.

3.1.2. *Petersianthus macrocarpus* sur sol sableux et argileux

96 individus inventoriés sur sol sableux sont répartis en 6 classes de diamètre et 298 individus de sol argileux ont présenté par contre 13 classes de diamètre. La figure 9 donne la répartition de *P. macrocarpus* sur le sol sableux et argileux.

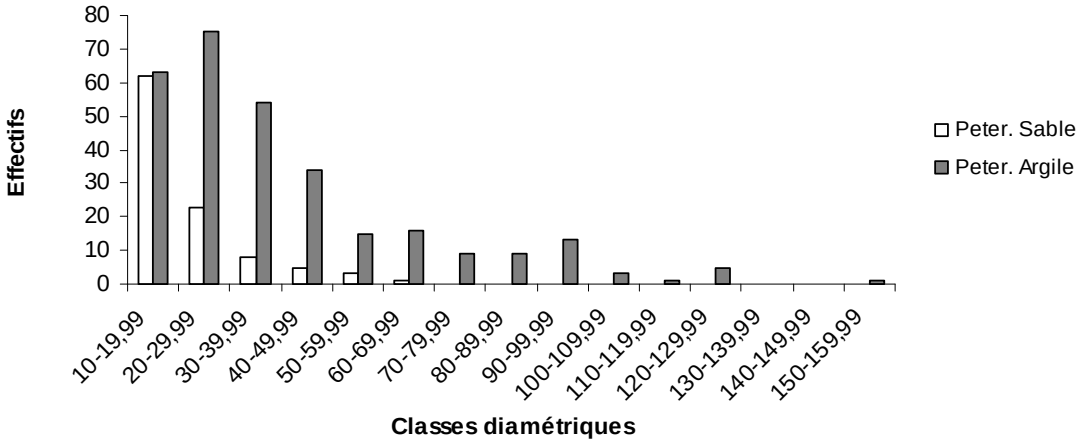


Figure 9*: Distribution en classes diamétriques de Petersianthus macrocarpus sur le sol sableux et argileux.*

Il ressort de la figure 9 ci-dessus que le nombre d'individus de *P. macrocarpus* est plus élevé sur le sol argileux que sur le sol sableux. Les individus de *P. macrocarpus* de classe de diamètre compris entre 10 à 20 cm sont plus nombreux sur le sol sableux par rapport à d'autres classes, mais la première classe des diamètres domine en nombre par rapport à la deuxième classe. Ce graphique nous révèle une figure en forme de J inversée, c'est-à-dire que le nombre d'individus décroit avec l'augmentation des classes de diamètre avec R^2 = 71% tandis que sur le sol argileux, ce sont les individus de *P. macrocarpus* de classe de diamètre compris entre 10 à 40 cm qui dominent par rapport à d'autres classes, mais la première classe a un nombre d'individus inférieur par rapport à la deuxième classe . Ce graphique nous révèle toujours une figure en forme de J inversée, c'est-à-dire que le nombre d'individus décroit avec l'augmentation des classes de diamètre avec R^2 =88%.

La figure 10 ci-dessous présente sur base des coordonnées cartésiennes X et Y les répartitions spatiales sous forme des nuages de points pour les deux espèces sur le sol argileux et sur le sol sableux.

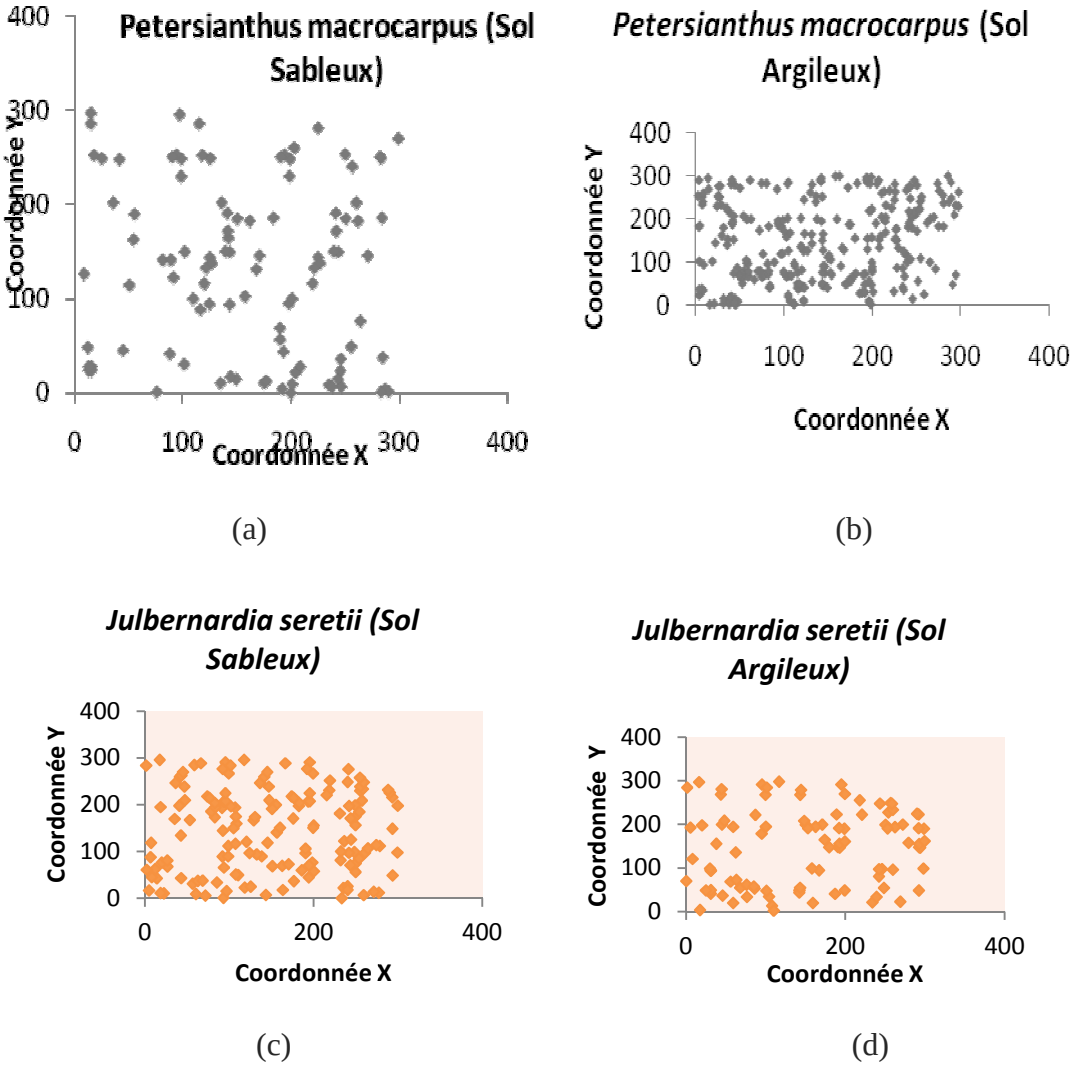


Figure 10. *Répartition spatiale de Petersianthus macrocarpus et de Julbernardia seretii sur deux sols différents :(a) P. macrocarpus sur sol sableux (b) P. macrocarpus sur sol argileux (c) J. seretii sur sol sableux et (d) J. seretii sur sol argileux.*

L'observation de la figure 10 montre sur le sol argileux une distribution agrégée pour *P. macrocarpus* tandis qu' une distribution aléatoire sur le sol sableux. Pour J.seretii, elle est agrégée sur sol sableux et inversement aléatoire sur sol argileux.

3.2. Les résultats issus de Nearest Neighbor Method et calcul de l'Indice d'agrégation de Clark et Evans pour les deux espèces étudiées sur deux sols différents.

Le tableau 2 donne pour les deux espèces, les distances r_i (en m) mesurées entre un individu et son voisin le plus proche, le nombre (n) d'individus sur les deux sites différents.

Tableau 2. *Paramètres calculés pour l'indice de Clark ainsi que les valeurs trouvées sur deux types différents de sol respectivement pour Petersianthus macrocarpus et J. seretii. A : sol argileux, S : sol sableux, P : P. macrocarpus et J : J. seretii, n :* nombre d'individus, φ *densité exprimée en nombre d'individus par m²*

Paramètres calculés	*P.* A.	*P.* S.	J. A.	*J.* S.
n	298	96	97	155
φ	0,0033	0,0011	0,0011	0,0017
r_i *min* (en m)	1,3	2,7	3,1	1,84
ri max (en m)	23	32,5	29,8	28,2
$\sum ri$(en m)	1563,2	1128,9	921,1	1057,57
$\overline{ro}$ (en m)	7,27	14,29	12,28	9,28
$\overline{re}$ (en m)	8,69	15,31	15,23	12,05
R	0,84	0,93	0,81	0,77
S_r	0,26	0,82	0,81	0,5059
Z	5,39	1,25	3,65	14,54
Observation	Agrégée	Aléatoire	Agrégée	Agrégée

Le tableau 2 montre que :

- *P. macrocarpus*, l'indice d'agrégation R est de 0,84 sur sol argileux et de 0,93 sur sol sableux. La déviation standard Z est de 5,39 sur sol argileux et 1,25 sur sol sableux. R = 0,84.

- Pour *J. seretii*, sur sol argileux R est de 0,81 et sur le sol sableux elle a donné 0,77. La déviation standard normale Z a comme valeur 3,65 sur sol argileux et 14,54 sur sol sableux.

3.3. Résultats issus de T-Square Sampling Procedure et le test statistique de Hines

Les résultats du test de Hines et Hines sur base des données issues de la méthode T-square sampling Procedure, pour tester l'hypothèse d'une distribution aléatoire sur deux types différents de sol respectivement pour *P. macrocarpus* et *J. seretii*. sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3. *Résultats issus de la méthode T-square sampling Procedure .pour les deux espèces.* n *la taille d'échantillon (nombre de points aléatoires),* h_T *test statistique de Hines pour vérifier si les données T-square sont aléatoires, P. macrocarpus et J. seretii. A : sol argileux, S : sol sableux, P : P. macrocarpus et J : J. seretii.*

Paramètres calculés	**P.A**	**P.S**	**J.A**	**J.S**
n	150	40	38	65
h_T	1,35	1,27	1,31	1,34
Observation	Agrégée	Aléatoire	Aléatoire	Agrégée

Le tableau 3 a révélé que la taille de l'échantillon pour *P. macrocarpus* est de 150 points aléatoires et de 40 sur sol sableux. La valeur trouvée pour h_T étant de 1,35 sur sol argileux et de 1,2 sur sol sableux.

Pour J. seretii n est de 38 points aléatoires sur sol argileux avec h_T égale à 1,31 contre 65 points aléatoires et h_T égale à 1,35 sur sol sableux.

3.4. Analyse des données de facteurs environnementaux.

3.4.1. Résultats de l'analyse topographique de deux sites

Au total 64 relevés topographiques ont été réalisés sur les deux sites à savoir 32 sur le sol argileux et 32 autres sur le sol sableux.

Les figures 11 et 12 ci-dessous montrent la représentation topographique des deux sites d'étude.

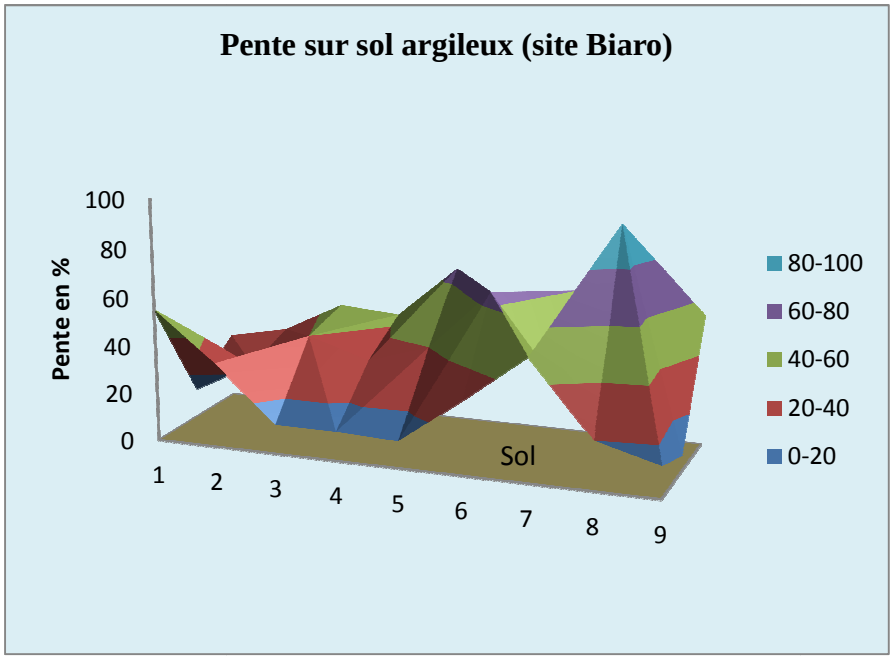


Figure 11 *: Représentation de la topographie du site B sur sol argileux.*

La lecture de la figure 11 montre que le site sur sol argileux est trop accidenté (plaines disséquées), la moyenne des pourcentages de différentes pentes s'élèvent jusqu'à 99%.

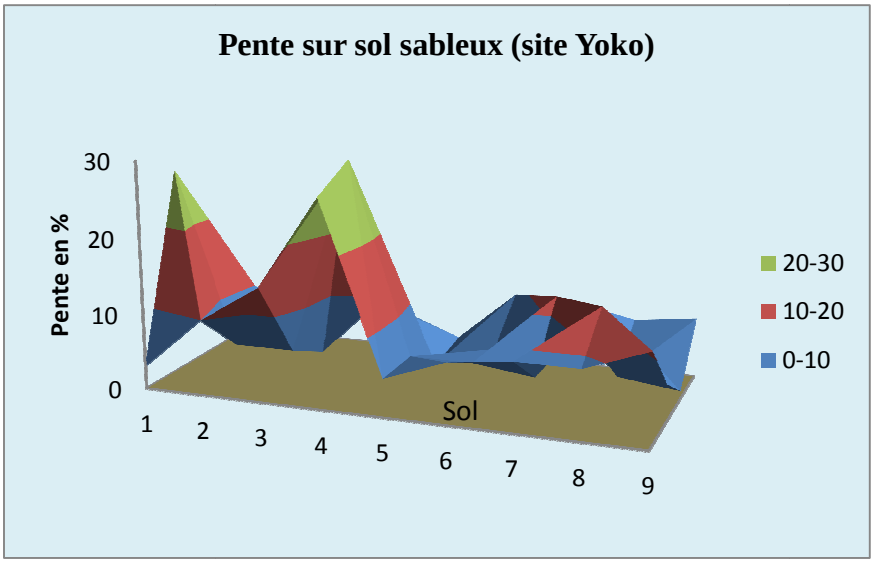


***Figure12** : Représentation de la topographie du site A sur sol sableux.*

La lecture de la figure ci-dessous montre que la partie sol sableux est presque sur le plateau, la moyenne des pentes se limite à 30%.

3.4.2. Analyse Canonique de Correspondance (CCA, logiciel Canoco) caractérisation de facteurs environnementaux sur la distribution des espèces et des sites.

Cette partie présente les résultats obtenus du couplage entre les espèces végétales et les facteurs environnementaux par une Analyse Canonique de Correspondance (CCA), les axes d'ordination étant contraints par les variables environnementaux mesurées sur le terrain. L'ordination indirecte confirme la démarcation entre les deux sites. Il est à souligner que la topographie et la texture du sol sont les deux paramètres environnementaux prises en considération pour notre travail.

Notons que le site A sur le sol sableux nommé ici Yoko et le site B sur sol argileux, Biaro sont subdivisés chacun en 4 sous- sites suivant les différents relevés à savoir ; Yoko 1, 2, 3 et 4, de même pour Biaro 1, 2, 3 et 4.

Les figures 13 et 14 ci-dessous montrent les différentes corrélations, d'une part entre les sites et les variables environnementales, d'autre part entre les espèces et les variables environnementales.

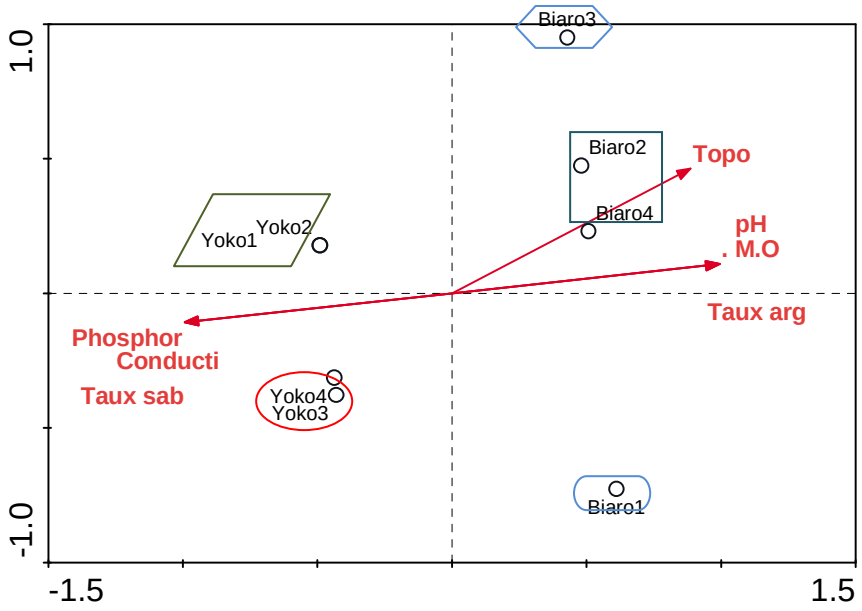


Figure13 : Diagramme d'ordination de la CCA regroupement de sites selon les facteurs environnementaux.

La figure ci-dessus démontre que les deux sites sont bien regroupés en fonction des variables environnementales. Tous les sous-sites de la Yoko sont corrélés (marqués) positivement au Phosphore, à la conductibilité et au taux de sable avec une topographie en plateau. Par contre, les sous-sites Biaro sont corrélés de façon très marquée au pH, au % d'argile et à la matière organique avec une topographie en plaine disséquée ou accidentée.

La figure 14 donne le regroupement des espèces selon les facteurs environnementaux

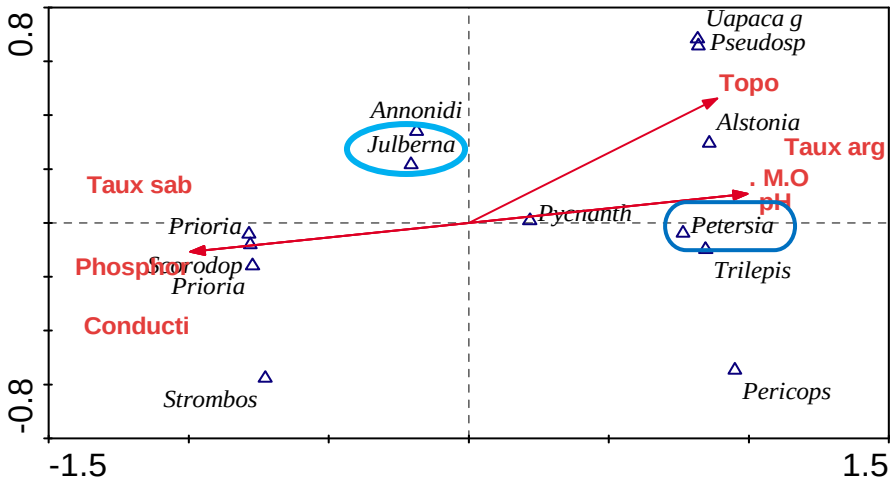


Figure 14** : **Diagramme d'ordination de la CCA regroupement des espèces selon les facteurs environnementaux.

Il ressort de la figure ci-dessus que l'essence *Petersianthus macrocarpus* est très corrélée à la matière organique, au pH, au % d'argile et à la topographie en plaines disséquées tandis que *J. seretii* est corrélée à la conductivité, au phosphore, au % de sable et à la topographie en plateau.

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION

Ce chapitre discute les résultats de tests statistiques soumis aux variables retenues dans la présente étude en vue de dégager leur pertinence ou non dans la gestion de *Petersianthus macrocarpus* et de *Julbernardia seretii* dans la réserve forestière de la Yoko.

Quatre volets feront l'objet de discussion pour notre travail : densité des espèces dans les deux sites, distribution spatiale des espèces, approche comparative de deux méthodes et enfin l'influence de la topographie et texture du sol sur les deux sites.

4.1. Densité et classes diamétriques de deux espèces sur les sites

Deux espèces étaient retenues dans la Réserve forestière de la Yoko pour mener cette étude, il s'agit de : *P. macrocarpus* et *J. seretii.*

P. macrocarpus a présenté après l'inventaire un nombre d'individus plus élevée sur le sol argileux (298 soit une densité de 0,003 ind /m^2) que sur sol sableux où elle n'a que 96 individus seulement soit 0,001 ind/m^2. Cette grande différence de la densité de l'espèce entre les deux sites fait voir que les conditions de croissance lui sont favorables sur le sol argileux que sur le sol sableux.

J. seretii quant à elle, a une densité plus élevée sur sol sableux avec 155 individus contre 97 sur sol argileux. Cela nous conduit à dire aussi que cette essence a des préférences sur le sol sableux que sur sol argileux.

Les individus appartenant à une même espèce ont tendance dans les conditions hétérogènes à se regrouper, s'entassant là où elles trouvent des conditions optimales pour leur croissance en y développant une agrégation. Cependant dans les conditions homogènes, elles s'installent délibérément en formant soit une répartition uniforme, soit une distribution aléatoire (Nshimba, 2005)

L'analyse comparative quant à la distribution par classes diamétriques a révélé pour toutes les deux espèces étudiées que les individus à dbh compris entre 10 et 19 cm sont les plus nombreux. Les histogrammes démontrent que l'effectif va du plus petit au plus grand, environ 95% d'individus sont compris entre 10 et 50 cm.

Shaumba (2009) qui' a travaillé dans la même réserve que nous a trouvé les même résultats sur *Scorodophloeus zenkeri*, *Pioria balsamifera* et *Prioria oxyphylla*

Selon Rollet (1978), dans les forêts ombrophiles tropicales non modifiées, le nombre d'individus par classe diamétrique décroît presque géométriquement avec l'augmentation du diamètre des arbres.

4.2. Caractérisation de la distribution spatiale de deux espèces.

Pour analyser la distribution spatiale de deux essences sur les deux sites, nous avons utilisé les techniques basées sur des distances entre un individu et son voisin le plus proche. Des tests statistiques pour vérifier l'hypothèse d'une distribution aléatoire de ces deux essences ont été appliqués pour chaque technique utilisée.

Le test de Clark et le calcul d'indice d'agrégation pour analyser les données provenant de « Nearest Neighbor Method» et le test statistique de Hines et Hines pour celles issues de la «T-Square Sampling Procédure ».

4.2.1 Le test statistique de Clark et l'indice d'agrégation.

D'après Clark & Evans (1954), lorsque, après calcul, on constate que la valeur de R est égale à 1, la distribution spatiale est aléatoire. Mais si elle s'approche de 0, la distribution est agrégée. Pour une distribution uniforme, R s'approche d'une limite supérieure d'environ 2,15.

P. macrocarpus sur le sol argileux a donné l'indice d'agrégation R = 0,84. La distance moyenne observée est dépassée par la distance attendue. Cette distance est de 16 % plus petite qu'attendue, ce qui indique une distribution agrégée. La déviation standard normale montre que la distribution de cette espèce est significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de Z dépasse largement le seuil pour $\alpha =$ 0,05 et de plus une déviation standard supérieure à la valeur de Z pour $\alpha = 0{,}01$, d'où une distribution agrégée.

P. macrocarpus sur sol sableux, R=0,93. La distance moyenne observée est inférieure à la distance attendue. Cette distance est de 6,7 % plus petite qu'attendue, ce qui indique une distribution agrégée aussi. La déviation standard normale montre que la distribution de cette espèce n'est pas significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de Z(1,25) ne dépasse pas le seuil pour $\alpha =$ 0,05 d'où l'espèce tend vers une distribution aléatoire.

Pour *Julbernardia seretii*, sur sol argileux R= 0,81. La distance moyenne observée est inférieure à la distance attendue. Cette distance est de 19 % plus petite qu'attendue, ce qui démontre une distribution agrégée. La déviation standard normale montre que la distribution de cette espèce est significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de Z dépasse largement le seuil pour $\alpha =$ 0,05 et de plus une déviation standard supérieure à la valeur de Z pour $\alpha = 0{,}01$, d'où une distribution agrégée.

Julbernardia seretii, sur le sol sableux R= 0,77. La distance moyenne observée est inférieur à la distance attendue. Cette distance est de 23 % plus petite qu'attendue, ce qui démontre encore une distribution agrégée. La déviation standard normale montre que la distribution de cette espèce est significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de Z(14,54) dépasse largement le seuil pour $\alpha =$ 0,05. De plus on a une déviation standard supérieure à la valeur de Z pour $\alpha = 0{,}01$, d'où une distribution agrégée.

Il ressort après analyse des résultats issus de *Nearest Neighbor Method* et le test statistique de Clark que les deux espèces analysées montrent une distribution spatiale agrégée sur le sol argileux. *Petersianthus macrocarpus* est aléatoire sur le sol sableux par contre *Julbernardia seretii* reste agrégée sur le même sol.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux de Mitashi (2008) qui' a trouvé la même distribution agrégée que nous, en comparent la répartition spatiale des individus de *P.macrocarpus* à dbh $\leq$ 10 cm et à dbh $\geq$ 10cm

4.2.2 Le test de Hines and Hines issu de la « T-Square sampling procedure »

Le test statistique de Hines (h_T) pour vérifier l'hypothèse qu'une distribution échantillonnée par la T-Square sampling procedure est aléatoire, a donné pour les espèces analysées les résultats ci-après

P. macrocarpus a donné sur sol argileux et pour la taille d'échantillon *n* égal à 150 points aléatoires la valeur de, h_T = 1,353, et sur sol sableux h_T = 1,27 avec n= 40 points aléatoires. Tandis que pour *J. seretii* la valeur de h_T sur sol argileux est de 1,31 et sur le sol sableux 1,35 respectivement pour la taille d'échantillon de 38 et 65 points aléatoires.

Ces résultats obtenus, comparés aux valeurs critiques de Hines définies; si h_T = 1,27, on a une distribution aléatoire, h_T < 1,27, distribution uniforme, h_T > 1,27, distribution agrégée, indiquent une distribution agrégée pour *P. macrocarpus* sur sol argileux et à l'inverse aléatoire sur sol sableux. Tandis que pour *J. seretii*, sa distribution est agrégée sur les deux types de sol. Cependant pour une bonne confirmation, ces résultats doivent être évalués par rapport à des valeurs critiques dans la table (voir annexe) pour le test statistique de Hines vérifiant l'hypothèse d'une distribution aléatoire.

Ainsi après l'évaluation, le test statistique a démontré que la distribution de *P. macrocarpus* est significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de h_T dépasse largement le seuil pour α = 0,05(soit dans la table pour *n*=150 points aléatoires, valeur de h_T 1,3526 supérieure à 1,3105, ce que 1,23 < 1,35 > 1,31 pour α = 0,05), d'où la distribution agrégée pour *P. macrocarpus* sur sol argileux. Par contre sur sol sableux, l'évaluation du test a démontré la distribution de *P. macrocarpus* n'est pas significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de h_T est inférieure pour le seuil α = 0,05(soit dans la table pour *n*=40 points aléatoires, valeur de h_T 1,2647 inférieure à 1,3455, ce que 1,2042 < 1,2647 < 1,3455 pour α = 0,05), d'où la distribution aléatoire pour *P. macrocarpus* sur sol sableux.

Concernant *J. seretii*, le test statistique a démontré que sa distribution n'est pas significativement différente d'une distribution aléatoire sur le sol argileux car la valeur de h_T ne dépasse pas largement le seuil pour $\alpha =$ 0,05(soit après extrapolation pour *n*=38 points aléatoires compris dans la table entre 35 et 40 , valeur de h_T 1,31 inférieure à 1,35, ce que 1,20 < 1,31 < 1,35 pour $\alpha =$ 0,05), d'où la distribution aléatoire pour *J. seretii* sur sol argileux. Par contre sur sol sableux, l'évaluation du test a démontré que la distribution de *J. seretii* est significativement différente d'une distribution aléatoire car la valeur de h_T est supérieure, donc dépasse largement le seuil $\alpha =$ 0,05(soit après extrapolation dans la table pour *n*=65 points aléatoires compris entre 50 et 75, valeur de h_T 1,34 supérieure à 1,33, ce que 1,22 < 1,34 > 1,33 pour $\alpha =$ 0,05), d'où la distribution agrégée pour *J. seretii* sur sol sableux.

4.2.3 Approche comparative de la méthodologie utilisée.

Les deux méthodes ont donnée les mêmes résultats pour *P.macrocarpus*, à savoir celle-ci a une distribution agrégée sur sol argileux et une distribution aléatoire sur sol sableux.

Par contre pour *J. seretii*, les deux techniques n'ont pas abouti aux mêmes résultats. La méthode de Clark a montré une distribution agrégée sur les deux sites tandis que celle de Hines a donné une distribution agrégée sur le sol sableux et aléatoire sur sol argileux.

La méthode de Clark basée sur la cartographie exige la délimitation de la zone d'étude, tandis que celle de Hines n'exige pas une délimitation de la zone d'étude.

Par rapport à la réalité observée visuellement sur terrain et eu égard à la représentation de la répartition spatiale observée sous forme des nuages de points (voir figure 10), cela nous amène à constater que la méthode dite T-square sampling procedure et le test statistique de Hines est convenable, simple et fiable pour la caractérisation de la distribution spatiale des éléments du paysage (Ernifarld et *al*, 2008)

Au Gabon, Reitsma (1988) a réalisé une étude de la distribution spatiale des espèces d'arbres dans quatre différents sites d'un hectare à l'aide des 18 tests χ^2 nested type test de Greig-smith, et n'a pas révélé des distributions régulières. Par contre des distributions groupées ont été trouvées dans un tiers de tests. Ces résultats coïncident avec ce qui a été remarqué dans d'autres zones de forêt dense tropicale (Torington et *al*, 1982 ; Jonkers, 1987) à savoir que la majorité des espèces ont une distribution pratiquement aléatoire et que d'autres espèces se rencontrent en bouquets.

4.2.4. Facteurs environnementaux

Les résultats obtenus du couplage entre les espèces et les variables environnementales par l'analyse des correspondances grâce au logiciel Canoco ont clairement démontré que la topographie et la texture du sol influencent bien la distribution spatiale des espèces.

Les diagrammes d'ordination de la CCA ont démontré comment le comportement grégaire de *P. macrocarpus* est plus corrélé à la topographie du site B (Biaro) qui est une zone très accidentée, disséquée avec pentes et collines. De plus le sol de ce site est également corrélé au taux d'argile élevé, au pH et à la quantité abondante de la matière organique. Cette situation montre que *P. macrocarpus* préfère bien s'installer sur une zone accidentée à sol argileux où elle s'est fait remarquer par un nombre élevé d'individus, soit 298 pieds contre 96 sur l'autre site (Yoko) où elle est aléatoire. Par ailleurs nous avons trouvé des cours d'eau dans le bas fond de ce site, ce qui fait penser que ce sol serait humide suite à la profondeur ou la nappe d'eau.

Cependant une situation plus contraire avec *J. seretii*. Celle-ci a démontré plutôt une distribution agrégée sur site A (Yoko) et une distribution aléatoire sur site B. L'analyse des correspondances a révélé que la topographie n'est pas corrélée au site A, ce qui coïncide avec notre observation car nous avons remarqué que ce site n'est pas accidenté sinon des faibles pentes, on s'y croirait bien sur un plateau sinon encore une zone plane. Suivant toujours le diagramme, le site A est plus corrélé au taux de sable, à la conductivité du sol et plus encore au phosphore. Nous avons constaté que *J. seretii* se retrouve bien sur une zone plane à sol sableux que sur une zone accidentée à sol argileux comme le cas de *P. macrocarpus.* De plus elle a eu beaucoup des pieds sur sol sableux (155) que sur sol argileux (97).

En rapport avec ces analyses des correspondances dues au couplage entre les espèces et les variables environnementales, nous rejoignons l'idée de Chao (2007) qui dit que la distribution spatiale des espèces est liée au type d'habitat. L'hétérogénéité d'habitat influence significativement la structure d'une population. La nature du sol joue un rôle important dans la distribution et structure des populations (Forget, 1988) puisque les couvertures pédologiques sont susceptibles de variations importantes sur des courtes distances. La microtopographie locale peut influencer une structure spatiale particulière ou spécifique de l'espèce (Paget, 1999).

Outre la topographie et la texture du sol qui ont fait l'objet de cette étude, plusieurs autres facteurs peuvent également être responsables de la distribution spatiale des espèces. Les différentes distributions correspondent au résultat de l'interaction entre les espèces et plusieurs facteurs écologiques. Elles sont en partie liées à leur mode de dissémination (Sabatier, 1983), à leur modalité de régénération naturelle (Forget, 1988 ; Puig et *al*, 1989 ; Bariteau, 1993) ainsi qu'aux conditions micro-environnementales et pédologiques (Collinet, 1997).

Enfin, l'hétérogénéité du paysage peut être considérée comme l'interprétation de la structure spatiale (Bogaert, 2005). Elle dépend de la nature des éléments paysagers et de l'échelle à laquelle le système étudié est représenté (Burel & Baudry, 2000).

Conclusion et suggestions

La gestion des forêts et conservation de la biodiversité végétale nécessite des recherches approfondies dans leur dynamique, notamment des études sur la distribution spatiale des essences en vue de la compréhension du fonctionnement des écosystèmes tropicaux.

Ce travail a eu comme objectif global d'étudier l'influence de la topographie et texture du sol sur la distribution spatiale de *Petersianthus macrocarpus* et *Julbernardia seretii*.

La caractérisation de la distribution spatiale de ces deux espèces a fait l'objet d'application de deux méthodes et tests statistiques basées sur des distances entre voisins les plus proches, à savoir d'une part le «*Nearest-Neighbor Method*» et l'indice de Clark et Evans et d'autre part la « T-Square Sampling Procedure » et le test de Hines and Hines. Il en ressort:

Pour la première méthode, *Petersianthus macrocarpus* est agrégée sur sol argileux et aléatoire sur sol sableux. *Julbernardia seretii* se distribue en agrégat sur les deux types de sol.

Pour la deuxième, *Petersianthus macrocarpus* est toujours agrégée sur sol argileux et aléatoire sur sol sableux tandis que *Julbernardia seretii* reste agrégée sur sol sableux et par contre aléatoire sur sol argileux.

L'approche comparative de ces deux méthodes a montré que la « T-Square Sampling Procedure » et le test statistique de Hines and Hines a donné des résultats viables et par conséquent elle est convenable, très simple et surtout très pratique sur terrain.

Les résultats issus de l'Analyse Canonique de Correspondances (CCA) grâce au logiciel Canoco permettant le couplage entre les espèces et les facteurs abiotiques du milieu ont montré que la topographie et texture du sol ont l'influence sur la distribution spatiale de ces deux essences. Il s'en dégage que *P. macrocarpus* préfère s'installer sur un habitat accidenté (pentes) et sur sol argileux tandis que *J. seretii* est bien à l'aise sur une zone plane (plateau) à sol sableux.

Enfin la topographie et texture du sol n'étant pas les seuls facteurs responsables de la distribution spatiale des espèces, d'où l'importance d'élargir les études pour d'autres facteurs.

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

CHAPITRE PREMIER : INTRODUCTION 1

1.1. Contexte et justification 1

1.2. Hypothèses et objectifs 6

1.4. Milieu d'étude 7

1.4.1. Zone d'étude 7

1.4.2. Situation géographique de Yoko 7

1.4.3. Situation climatique 8

1.5.4. Caractéristiques géologiques et géomorphologique 9

1.6. Présentation de deux espèces étudiées 10

1.6.1. *Petersianthus macrocarpus* 10

1.6.2. *Julbernardia seretii* 10

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES 11

2.1. Matériel 11

2.2. Méthodes de collecte des données 11

2.2.1. Choix de dispositif d'étude 11

2.2. Méthodes 12

2.2.1. Méthodes basées sur des distances 13

2.2.1.1 *Analyse de la structure spatiale : la méthode de distance au plus proche voisin* 13

2.2.1.2. *Nearest-Neighbor Method et Indice de « Clark et Evans »* 13

2.2.1.3. *« T-Square Sampling Procedure » et le test de Hines and Hines* 16

2.2.2. Topographie 17

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS 18

3.1. Résultats de l'inventaire 18

3.1.1. Distribution en classes de diamètre des tiges de *P. macrocarpus* et *J. seretii*. 18

3.1.1.1. *Julbernardia seretii* sur sol sableux et argileux 18

3.1.2. *Petersianthus macrocarpus* sur sol sableux et argileux 19

3.2. Les résultats issus de Nearest Neighbor Method et calcul de l'Indice d'agrégation de Clark et Evans pour les deux espèces étudiées sur deux sols différents. 21

3.3. Résultats issus de T-Square Sampling Procedure et le test statistique de Hines 22

3.4. Analyse des données de facteurs environnementaux. 23

3.4.1. Résultats de l'analyse topographique de deux sites 23

3.4.2. Analyse Canonique de Correspondance (CCA, logiciel Canoco) caractérisation de facteurs environnementaux sur la distribution des espèces et des sites. 25

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION 28

4.1. Densité et classes diamétriques de deux espèces sur les sites 28

4.2. Caractérisation de la distribution spatiale de deux espèces. 29

4.2.1 Le test statistique de Clark et l'indice d'agrégation. 29

4.2.2 Le test de Hines and Hines issu de la « T-Square sampling procedure » 30

4.2.3 Approche comparative de la méthodologie utilisée. 31

4.2.4. Facteurs environnementaux 32

Conclusion et suggestions 34

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ATIBT, 2007. Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles de Production Tropicales Africaines. 133p.

Barot, S., Gignoux, J. & Menaut, J.-C. 1999. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology*, 80p.

Bogaert, J. & Mahamane, A., 2005. Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin (7) : 39-68.

Bogaert, J., Ceulemans, R. & Salvador Van Eysenrrode D., 2004. Decision Tree Algorithm for Detection of Spatial Processes in Landscape Transformation, Environmental Management Vol. 33, No. 1, P 62-73

Burel, F & Baudry, J., 2000 : Ecologie du paysage ; concepts, méthodes et applications, Tec & doc, Paris, Francep.

Butler, R. 2000. Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement, Ecole polytechnique Fédérale de Lausane, 17 p.

Chao, W.-C., Chao, K.J., Song, G-Z. et Hsieh, C-F., 2007. Species composition and structure of the lowland subtropical rainforest at Lanjenchi, Southern Taiwan. Taiwania 52 **:** 253-269pp.

Chen, Z.-S., Hsieh, C-F., Jiang, F-Y., Hsieh, T-H. et Sun, I-F., 1997. Relationship of soil properties to topographphy and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. Journal Plant of Ecology 132: 229-241pp.

Clark, J.P et Evans, C.F., 1954. Distances to Nearest Neighbour as a measure of spatial relationships in population. Ecological Society of America and the Duke University press PP 445-453pP.

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 de l'Université Claude Bernard Lyon I, 313p.

Coulson R. N., Saarenmaa H., Daugherity W.C., Rykiel E.J.Jr., Saunders M.C & Fitzgerald J.W. 1999. A knowledge system environment for ecosystem management: 57-59. In: Klopatek J.M. & Gardner R.H. (eds.). Landscape ecological analysis- Issues and applications. Springer, New York.

Dajoz, R., 2003. Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 p.

Déclaration de Bruxelles, 2007. - La gestion durable des forêts en R.D. Congo. (disponible sur www.confordrc.org).

Delvaux, J. 1981. Différenciation sociale. Journal de Foresterie Suisse, 733-749pp.

Dipapoundjil, B., 2003. Rapport national de la République centrafricaine. Actes atelier régional FAO/IUCN sur la gestion des forêts tropicales secondaires. 4p.

Doucet, J-L., 2003. L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon, communauté française, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 322pp.

Duncan, R.P., 1993. Flood disturbance and the coexistence of species in lowland podocarp forest, South Westland, New-Zealand. Journal of Ecology 81: 403-416pp.

Ecofac entre 1997 et 200. Rapport final. AGRECO-GEIE. 96p.

Erfanifard et al, 2008. Comparaison of two distance methods for forest spatial pattern analysis. Journal of Sciences 8 : 152-157.

Evrard, C., 1968. Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette centrale congolaise. Série scientifique n° 110, I.N.E.A.C., Bruxelles, 295 p. Gembloux, 323 p.

Evrard, C., 1968. Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes
FAO/IUCN sur la gestion des forêts tropicales secondaires. 9p.

FAO 2007. Situation des forêts du monde (synthèse mondiale). Partie 1 : progrès vers la gestion durable des forêts. pp. 4-13 & 64-72. www.fao.org

Flore du Congo belge de Rwanda- Urundi, 1952. Spermatophyte volume 3 bruxelles, 579p.

Forestais Fenniæ 138. The Finnish Forest Research Institute, Helsinki, Finland. 65 pp.

Froment, A., Bahuchet, S. 2003. L"homme suit-il les forêts ? La Recherche ; HORS SERIE N° 11 – LA TERRE.

Goreaud, F., 2000 Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse de doctorat, ENGREF, Laboratoire de Recherche en Sciences Forestières, centre de Nancy, 360 pp.

Hines, W.G.S. and Hines, R.J., 1979. The Eberhardt statistic and the détection on nonrandomness of spatial point distributions. BIOMETRIKA, 66: 73-79pp.

Hsieh, C.-F., I.-F. Sun and C.-C. Yang. 2004. Species composition and vegetation pattern of a lowland rain forest at Nanjenshan LTER site, southern Taiwan. Taiwania **45**: 107-119pp.

Hubbel & Forster 1983: Diversity of canopy trees in a nforeseotropical forest and implications for conservation. In: Tropical rain forest : ecology and management, eds S.L.Sutton, T.C. Whitmore and A.C.Chadwick, Blackwell, Oxford, United Kingdomp, 54-68pp.

Jonkers, W.B.J., 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain Forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen, The Netherlandsp.

Kanu, B., 2003. Rapport national de la République démocratique du Congo. Actes atelier régional.

Kombele, F., 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, pp 12-25pp.

Kumba, S., 2007. Analyse de la structure spatiale des données ponctuelles par les méthodes des distances appliquées en écologie du paysage Cas de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard, *Scorodophloeus zenkeri* Harms et *Uapaca guineensis* Mull. Arg. dominantes dans la réserve forestière de la Yoko, Kisangani, RD Congo. Mémoire DEA, UNIKIS 2-25pp.

Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology. Benjamin/Cummins,Addison-Welsey Educational Publishers, Menlo Park, California, 620 p.

Lacoste, A. & Salanon, R, 1969. Eléments de biogéographie et d'écologie. Université Nathan Information, Paris, 189p.

Lebrun, J et Gilbert, G., 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. Publ.INEAC, série Sc. N°63 : 89p.

Leemans, R., 1991. Canopy gaps and establishment pattern of spruce (Picea abies, L Karst) in two old-growth coniferous forest in central Sweden. Vegetatio 93: 157-165.

Legendre, P.& Fortin, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio, 80: 107-138p.

Lejoly, J., Lisowski, S., et Ndjele, M., 1988. Catalogue des plantes vasculaires des sousregions de Kisangani et de la Tshopo (Province Orientale). 60P.

Lejoly, J., Lisowsky, S. et Ndjele, M., 1995. Les plantes vasculaires de la sous-région de Kisangani et de la Tshopo. Catalogue informatisé. Doc. Polycopié Fac. Sc. ULB, 136pp.

Lisingo, J. 2009. Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multistrate, Mémoire DEA, UNIKIS 20-43pp.

Lomba, B.L & Ndjele, M-B., 1998. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la Réserve de Yoko (Ubundu, R.D. Congo*)*. Annales (11), Fac. Sci. UNIKIS, 35-46pp.

Lubini, A., 1999. Importance économique des forêts d'Afrique centrale. Séminaire FORAFRI.

Ludwig, J.A et Reynolds, J.F., 1988. Statistical ecology. A primer on methods and computing. Wiley-interscience, USA, 337p.

Maley, J. 2001. La destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale, survenue il y a environ 2500 ans exerce encore une influence majeure sur la répartition actuelle des formations végétales". Systematics and Geography of Plants 71:777–796pp.

Mate, M., 2001. Croissance, phytomasse et minéralomasse des haies des légumineuses améliorantes en cultures en allées à Kisangani (République Démocratique du Congo), Thèse inédite, Fac.Sc., ULB, 235pp.

McNab, W. H., C. H. Greenberg, E. C. Berg (2004). "Landscape distribution and characteristics of large hurricane-related canopy gaps in a southern Appalachian watershed." Forest Ecology and Management 196(2-3): 435-447pp.

Moeur, M. (1997). "Spatial models of competition and gap dynamics in old-growth Tsuga

heterophylla/Thuja plicata forests." Forest Ecology and Management 94(1-3): 175-186pp.

Ndjele, M.B., 1998. Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de doct.ULB.Labo.Bot.Syst et Phyt. 528pp.

Newbery, J. S.et *al.*, 1986. The influence of drainage and soil phosphorus on the vegetation of Douala-Edea Forest Reserve, Cameroun". *Vegetatio*, Vol. 65, No. 3 (Mar., 1986), 149-162pp.

Noon B.R. & Dale V.H., 2002. Broad-scale ecological science and its application: 34-52. In : Gutzwiller K.J. (ed.). Applying landscape ecology in biological conservation. Springer, New Yorkp.

Pellissier, R. et Goreaud, F., 2001. Apractical approach to studying the spatial structure in sample cases of heterogenous vegetation stands. Journal of vegetation Science 12: 99-108pp.

Paget, D., 1999. Etude de la diversité spatiale des écosystèmes forestiers guyanais. Reflexion méthodique et application. Thèse de Doctorat. Sciences forestières, Ecole Nationale du Génie rural des Eaux et Forêts : 155 p.

Puig, H., 2002. La forêt tropicale humide, Bellin, Paris.

Shaumba, K., 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale des Fabaceae-Caesalpinioideae dans la forêt de Yoko (Kisangani R. D. Congo) : cas de *Prioria balsamifera Harms*, *Prioria oxyphylla* (Vermoesen) *Breteler et Scorodophloeus zenkeri* J. Léonard*)*, Mémoire DEA Uniis, 21-33pp.

Sabatier, D. et *al*., 1997. "The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guainan rain forest". *Plant Ecology* 131 : 81-108pp.

Szwagrzyk, J. et Czerwczak, M., 1993. Spatial patterns of trees in natural forests of East-Central Europe. Journal of Vegetation Science 4: 469-476pp.

Nshimba, S.M., 2005.Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'île Mbiye à Kisangani, (R.D.Congo), Mémoire DEA ULB, Labo.Bot.Syst.Phyt, Bruxelles, 45-83pp.

Nshimba, S-M. 2005. – Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'île Mbiye à Kisangani, (R.D.Congo), DEA, ULB, 101p.

Sun, I.-F., 1993. The Species Composition and Forest Structure of a Subtropical Rain Forest at Southern Taiwan, PhD Thesis. University of California, Berkeley, USA, 205 p.

Nyakabwa, M, 1982: phytocenose de l'écosystème urbain de Kisangani, thèse de doctorat inédit, Vol I, Fac des Sciences, UNIKIS, 428p.

Reitsma, J.M. 1988. Végétation forestière du Gabon. Tropenbos Technical Series 1, The Tropenbos foundation, Wageningen, The Netherlands, 142p.

Rita, B. 2000. Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement, Labo de gestion des écosystèmes (GECOS), Lausanne, 18p.

Rollet, B., 1974. L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine, CTFT, Nogent-sur-Marne, France.

Sabatier, et al., 1997. "The influence of soil cover organization on the floristic and structural heterogeneity of a Guainan rain forest". *Plant Ecology* 131 : 81-108pp.

Shaumba, K. 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale des Fabaceae-Caesalpinioideae dans la forêt de Yoko (Kisangani R. D. Congo) : cas de *Prioria balsamifera*, Mémoire DEA UNIKIS, 13-35pp.

Sinclair, D.F., 1985. On tests of spatial randomness using mean nearest neighbor distance. Ecology, 66: 1084-1085pp.

SYS C., 1960. Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Burundi. Notice explicative de la carte des sols du Congo Belge et du Rwanda-Burundi. Publ. I.N.E.A.C., Bruxelles, 84p.

Tomppo, E. 1986. *Models and methods for analysing spatial patterns of trees*. Communicationes Instituti.

Traissac, M.S., 2003. Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de forêt tropicale humide à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1, 217p.

Vleminckx, J., 2009. Facteurs déterminant l'organisation de la diversité végétale des strates supérieures dans les forêts tropicales humides du bassin Congolais, Mémoire DEA ULB, Labo.ECOET.EV, 81p.

ANNEXE 1.

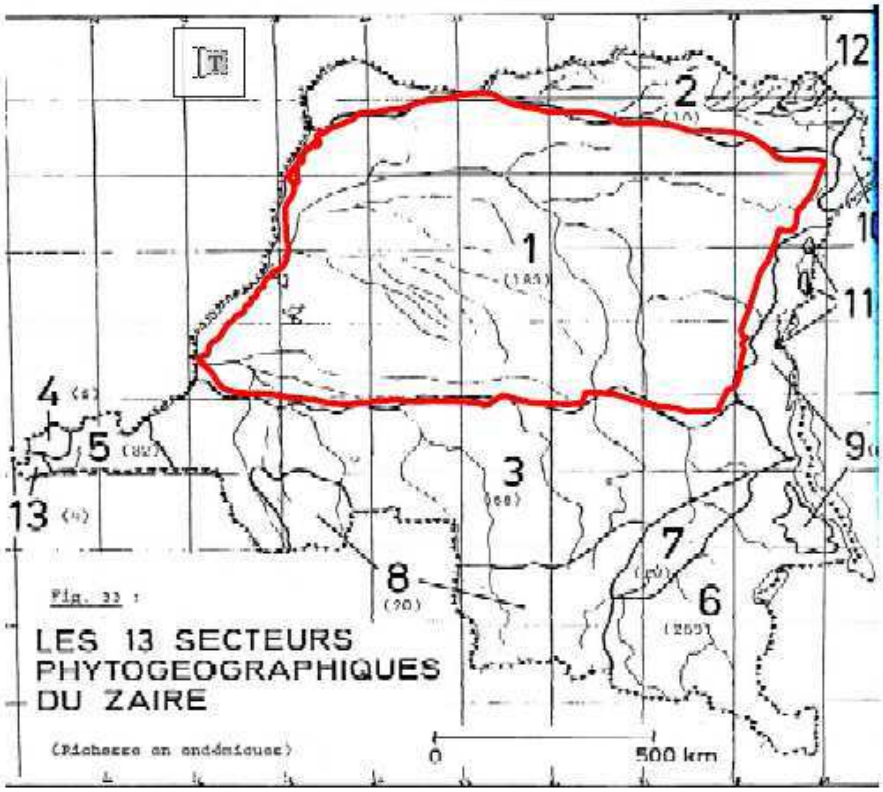
Moyennes mensuelles de précipitations et de températures de la région de Kisangani. Pp.m. : Précipitation mensuelle (en mm) et T.m. : Température moyenne (en °C)

Paramètres	***J***	***F***	***M***	***A***	***M***	***J***	***J***	***A***	***S***	***O***	***N***	***D***	
Pp.m.	69,5	99,9	144,3	171,3	178,7	128,8	95,9	130,4	204,1	237,4	216,2	106,2	1782,7
T.m.	24,4	25,1	25,3	25,1	24,7	24,3	23,7	23,5	24	24,2	24,5	24,4	24,4
UU	88	84	87	84	86	88	88	88	86	87	90	86,8	

Source : station météorologique de Bangboka (2007)

ANNEXE 2.

Localisation du Secteur Forestier Central parmi les 13 Secteurs Phytogéographiques du Congo (Ndjele in Nshimba 2008)



ANNEXE 3.

Distances mesurées entre un individu et son voisin le plus proche pour *Julbernardia seretii* sol sableux

Espèces	**n°**	**ri**	**p**	***Espèces***	**n°**	**ri**	**p**
Julbernardia seretii	1	7,38	1	Julbernardia seretii	58	6,2	5
Julbernardia seretii	2	9,58	1	Julbernardia seretii	59	19,2	5

Julbernardia seretii	3	4,18	1	Julbernardia seretii	60	28,2	6
Julbernardia seretii	4	5,98	1	Julbernardia seretii	61	12	6
Julbernardia seretii	5	5,78	1	Julbernardia seretii	62	20	6
Julbernardia seretii	6	19	1	Julbernardia seretii	63	19	6
Julbernardia seretii	7	10,84	1	Julbernardia seretii	64	7	6
Julbernardia seretii	8	15,9	1	Julbernardia seretii	65	13,5	6
Julbernardia seretii	9	17,17	1	Julbernardia seretii	66	10	6
Julbernardia seretii	10	11,79	1	Julbernardia seretii	67	12,2	6
Julbernardia seretii	11	13,6	1	Julbernardia seretii	68	4	6
Julbernardia seretii	12	9,04	1	Julbernardia seretii	69	19	6
Julbernardia seretii	13	10,2	1	Julbernardia seretii	70	8	6
Julbernardia seretii	14	14,9	1	Julbernardia seretii	71	10	6
Julbernardia seretii	15	3,6	2	Julbernardia seretii	72	8	7
Julbernardia seretii	16	20,21	2	Julbernardia seretii	73	10,1	7
Julbernardia seretii	17	14,1	2	Julbernardia seretii	74	13,5	7
Julbernardia seretii	18	7,9	2	Julbernardia seretii	75	12,2	7
Julbernardia seretii	19	16	2	Julbernardia seretii	76	10,2	7
Julbernardia seretii	20	9,7	2	Julbernardia seretii	77	19,2	7
Julbernardia seretii	21	9,2	2	Julbernardia seretii	78	6,6	7
Julbernardia seretii	22	12,2	3	Julbernardia seretii	79	3,2	7
Julbernardia seretii	23	13,05	3	Julbernardia seretii	80	5,15	7
Julbernardia seretii	24	19,4	3	Julbernardia seretii	81	4,5	7
Julbernardia seretii	25	5,6	3	Julbernardia seretii	82	8,2	7
Julbernardia seretii	26	20	3	Julbernardia seretii	83	13,7	7
Julbernardia seretii	27	13,03	3	Julbernardia seretii	84	20	7
Julbernardia seretii	28	10,2	3	Julbernardia seretii	85	6,9	7
Julbernardia seretii	29	5,2	3	Julbernardia seretii	86	17	7
Julbernardia seretii	30	14,4	3	Julbernardia seretii	87	18,8	8
Julbernardia seretii	31	10,6	3	Julbernardia seretii	88	20,2	8
Julbernardia seretii	32	8,02	3	Julbernardia seretii	89	7,3	8
Julbernardia seretii	33	16,9	3	Julbernardia seretii	90	4,8	8
Julbernardia seretii	34	10,8	3	Julbernardia seretii	91	11,22	8
Julbernardia seretii	35	8,4	3	Julbernardia seretii	92	3,3	8
Julbernardia seretii	36	15,9	4	Julbernardia seretii	93	6,2	8
Julbernardia seretii	37	18	4	Julbernardia seretii	94	6,4	8
Julbernardia seretii	38	16,6	4	Julbernardia seretii	95	10,9	8
Julbernardia seretii	39	10,5	4	Julbernardia seretii	96	24,7	8
Julbernardia seretii	40	7,7	4	Julbernardia seretii	97	8,1	8
Julbernardia seretii	41	5,3	4	Julbernardia seretii	98	6,2	8
Julbernardia seretii	42	15,9	4	Julbernardia seretii	99	19,2	8
Julbernardia seretii	43	9,8	4	Julbernardia seretii	100	7	9
Julbernardia seretii	44	11,2	4	Julbernardia seretii	101	10,2	9
Julbernardia seretii	45	23,2	4	Julbernardia seretii	102	13,6	9
Julbernardia seretii	46	7,9	4	Julbernardia seretii	103	13,4	9
Julbernardia seretii	47	18,8	5	Julbernardia seretii	104	11,3	9
Julbernardia seretii	48	20,2	5	Julbernardia seretii	105	19,2	9

Julbernardia seretii	49	7,3	5	Julbernardia seretii	106	6,6	9
Julbernardia seretii	50	4,8	5	Julbernardia seretii	107	3,2	9
Julbernardia seretii	51	11,22	5	Julbernardia seretii	108	5,15	9
Julbernardia seretii	52	3,3	5	Julbernardia seretii	109	4,5	9
Julbernardia seretii	53	6,2	5	Julbernardia seretii	110	9,1	9
Julbernardia seretii	54	6,4	5	Julbernardia seretii	111	13,7	9
Julbernardia seretii	55	10,9	5	Julbernardia seretii	112	15	9
Julbernardia seretii	56	24,7	5	Julbernardia seretii	113	6,9	9
Julbernardia seretii	57	8,1	5	Julbernardia seretii	114	17	9
Total distances: 114						**∑ri= 1317,69**	

ANNEXE.4.

Distances mesurées entre un individu et son voisin le plus proche pour *Julbernardia seretii* sur sol argileux

Espèces	**n°**	**ri**	P	***Espèces***	**n°**	**ri**	**P**
Julbernardia seretii	1	10,13	1	Julbernardia seretii	38	5,3	5
Julbernardia seretii	2	26,13	1	Julbernardia seretii	39	13,8	5
Julbernardia seretii	3	7,5	1	Julbernardia seretii	40	8,3	5
Julbernardia seretii	4	13,3	1	Julbernardia seretii	41	6,5	5
Julbernardia seretii	5	15,3	1	Julbernardia seretii	42	9,3	5
Julbernardia seretii	6	23,3	1	Julbernardia seretii	43	19,3	6
Julbernardia seretii	7	14,84	1	Julbernardia seretii	44	10	6
Julbernardia seretii	8	12,6	1	Julbernardia seretii	45	22	6
Julbernardia seretii	9	26,17	1	Julbernardia seretii	46	9,3	6
Julbernardia seretii	10	9,3	1	Julbernardia seretii	47	10,4	6
Julbernardia seretii	11	11,9	2	Julbernardia seretii	48	6,9	6
Julbernardia seretii	12	18,5	2	Julbernardia seretii	49	17,5	6
Julbernardia seretii	13	16,4	2	Julbernardia seretii	50	8,2	6
Julbernardia seretii	14	9,4	2	Julbernardia seretii	51	11,4	6
Julbernardia seretii	15	14,8	2	Julbernardia seretii	52	9,9	7
Julbernardia seretii	16	15,51	2	Julbernardia seretii	53	13,1	7
Julbernardia seretii	17	10,85	3	Julbernardia seretii	54	18,3	7
Julbernardia seretii	18	5,99	3	Julbernardia seretii	55	5,7	7
Julbernardia seretii	19	17,7	3	Julbernardia seretii	56	8,4	7
Julbernardia seretii	20	14,34	3	Julbernardia seretii	57	18	7
Julbernardia seretii	21	13,32	3	Julbernardia seretii	58	21	7
Julbernardia seretii	22	17,35	3	Julbernardia seretii	59	5,25	8
Julbernardia seretii	23	5,25	4	Julbernardia seretii	60	3,69	8
Julbernardia seretii	24	3,69	4	Julbernardia seretii	61	8,3	8
Julbernardia seretii	25	8,3	4	Julbernardia seretii	62	4,35	8
Julbernardia seretii	26	4,35	4	Julbernardia seretii	63	7,48	8
Julbernardia seretii	27	7,48	4	Julbernardia seretii	64	12	8
Julbernardia seretii	28	12	4	Julbernardia seretii	65	21,2	8

Julbernardia seretii	29	21,2	4	Julbernardia seretii	66	29,8	8
Julbernardia seretii	30	29,8	4	Julbernardia seretii	67	8,95	8
Julbernardia seretii	31	8,95	4	Julbernardia seretii	68	5,3	8
Julbernardia seretii	32	5,3	4	Julbernardia seretii	69	8,4	9
Julbernardia seretii	33	18,2	5	Julbernardia seretii	70	11,7	9
Julbernardia seretii	34	7,2	5	Julbernardia seretii	71	19,6	9
Julbernardia seretii	35	3,8	5	Julbernardia seretii	72	6,7	9
Julbernardia seretii	36	3,1	5	Julbernardia seretii	73	5,4	9
Julbernardia seretii	37	8,1	5	Julbernardia seretii	74	19	9
				Julbernardia seretii	75	20	9
						∑ri=	
Total distances = 75						**921,07**	

ANNEXE 5.

Distances mesurées entre un individu et son voisin le plus proche *pour Petersianthus macrocarpus* sur sol sableux

Espèces	**n°**	**ri**	**p**	***Espèces***	**n°**	**ri**	**P**
Petersianthus macrocarpus	1	2,8	1	Petersianthus macrocarpus	41	12	5
Petersianthus macrocarpus	2	51	1	Petersianthus macrocarpus	42	16,4	6
Petersianthus macrocarpus	3	6,9	1	Petersianthus macrocarpus	43	13,33	6
Petersianthus macrocarpus	4	25,32	1	Petersianthus macrocarpus	44	16,85	6
Petersianthus macrocarpus	5	25,32	1	Petersianthus macrocarpus	45	6,24	6
Petersianthus macrocarpus	6	31	1	Petersianthus macrocarpus	46	15,85	6
Petersianthus macrocarpus	7	15,1	1	Petersianthus macrocarpus	47	17,8	6
Petersianthus macrocarpus	8	21,3	2	Petersianthus macrocarpus	48	10,4	6
Petersianthus macrocarpus	9	10,3	2	Petersianthus macrocarpus	49	7	6
Petersianthus macrocarpus	10	2,7	2	Petersianthus macrocarpus	50	12,6	6
Petersianthus macrocarpus	11	25	2	Petersianthus macrocarpus	51	5	6
Petersianthus macrocarpus	12	15,3	2	Petersianthus macrocarpus	52	13	6
Petersianthus macrocarpus	13	7,8	2	Petersianthus macrocarpus	53	15,29	6
Petersianthus macrocarpus	14	6,8	2	Petersianthus macrocarpus	54	32,5	6
Petersianthus macrocarpus	15	15,2	2	Petersianthus macrocarpus	55	14,9	6
Petersianthus macrocarpus	16	13	2	Petersianthus macrocarpus	56	7,6	7
Petersianthus macrocarpus	17	19	2	Petersianthus macrocarpus	57	21	7
Petersianthus macrocarpus	18	20,23	3	Petersianthus macrocarpus	58	17	7
Petersianthus macrocarpus	19	11,4	3	Petersianthus macrocarpus	59	21	7
Petersianthus macrocarpus	20	14,2	3	Petersianthus macrocarpus	60	18	7
Petersianthus macrocarpus	21	7,47	3	Petersianthus macrocarpus	61	10,9	7
Petersianthus macrocarpus	22	6,22	3	Petersianthus macrocarpus	62	10,1	7
Petersianthus macrocarpus	23	4,8	3	Petersianthus macrocarpus	63	13,4	8
Petersianthus macrocarpus	24	15,4	3	Petersianthus macrocarpus	64	11,32	8
Petersianthus macrocarpus	25	5,57	3	Petersianthus macrocarpus	65	16,85	8
Petersianthus macrocarpus	26	12,15	3	Petersianthus macrocarpus	66	6,24	8
Petersianthus macrocarpus	27	12,4	3	Petersianthus macrocarpus	67	12,64	8

Petersianthus macrocarpus	28	16	3	Petersianthus macrocarpus	68	17,8	8
Petersianthus macrocarpus	29	12,5	4	Petersianthus macrocarpus	69	10,4	8
Petersianthus macrocarpus	30	13	4	Petersianthus macrocarpus	70	12,6	8
Petersianthus macrocarpus	31	7,82	4	Petersianthus macrocarpus	71	15	8
Petersianthus macrocarpus	32	3,07	4	Petersianthus macrocarpus	72	15,29	8
Petersianthus macrocarpus	33	8,21	4	Petersianthus macrocarpus	73	32,5	8
Petersianthus macrocarpus	34	25,5	4	Petersianthus macrocarpus	74	9,49	9
Petersianthus macrocarpus	35	13,68	5	Petersianthus macrocarpus	75	10,8	9
Petersianthus macrocarpus	36	9,8	5	Petersianthus macrocarpus	76	16,26	9
Petersianthus macrocarpus	37	15,26	5	Petersianthus macrocarpus	77	13,9	9
Petersianthus macrocarpus	38	13,9	5	Petersianthus macrocarpus	78	19,2	9
Petersianthus macrocarpus	39	25,6	5	Petersianthus macrocarpus	79	5,8	9
Petersianthus macrocarpus	40	6,6	5				
Total distances = 79						**∑ri=1128,87**	

ANNEXE 6.

Distances mesurées entre un individu et son voisin le plus proche *pour Petersianthus macrocarpus* sur sol argileux.

Espèces	**n°**	**ri**	**p**	***Espèces***	**n°**	**ri**	**p**
Petersianthus macrocarpus	1	4,77	1	Petersianthus macrocarpus	109	3,83	4
Petersianthus macrocarpus	2	7,62	1	Petersianthus macrocarpus	110	5,62	4
Petersianthus macrocarpus	3	4,34	1	Petersianthus macrocarpus	111	14,3	4
Petersianthus macrocarpus	4	7,13	1	Petersianthus macrocarpus	112	3,55	4
Petersianthus macrocarpus	5	11,51	1	Petersianthus macrocarpus	113	4,52	4
Petersianthus macrocarpus	6	2,94	1	Petersianthus macrocarpus	114	10,5	4
Petersianthus macrocarpus	7	4,51	1	Petersianthus macrocarpus	115	5,94	5
Petersianthus macrocarpus	8	7,42	1	Petersianthus macrocarpus	116	9,67	5
Petersianthus macrocarpus	9	2,42	1	Petersianthus macrocarpus	117	3,49	5
Petersianthus macrocarpus	10	6,48	1	Petersianthus macrocarpus	118	9,56	5
Petersianthus macrocarpus	11	7,47	1	Petersianthus macrocarpus	119	7,9	5
Petersianthus macrocarpus	12	14,19	1	Petersianthus macrocarpus	120	12,4	5
Petersianthus macrocarpus	13	5,97	1	Petersianthus macrocarpus	121	10,2	5
Petersianthus macrocarpus	14	3,61	1	Petersianthus macrocarpus	122	7,37	5
Petersianthus macrocarpus	15	5,74	1	Petersianthus macrocarpus	123	5,55	5
Petersianthus macrocarpus	16	6,12	1	Petersianthus macrocarpus	124	3,2	5
Petersianthus macrocarpus	17	2,52	1	Petersianthus macrocarpus	125	4,42	5
Petersianthus macrocarpus	18	2,9	1	Petersianthus macrocarpus	126	10,2	5
Petersianthus macrocarpus	19	6,92	1	Petersianthus macrocarpus	127	6,7	5
Petersianthus macrocarpus	20	2,8	1	Petersianthus macrocarpus	128	4,41	5
Petersianthus macrocarpus	21	5,9	1	Petersianthus macrocarpus	129	13,1	5
Petersianthus macrocarpus	22	2,98	1	Petersianthus macrocarpus	130	7,8	5
Petersianthus macrocarpus	23	12,11	1	Petersianthus macrocarpus	131	6,42	5
Petersianthus macrocarpus	24	4,16	1	Petersianthus macrocarpus	132	10,4	5

Petersianthus macrocarpus	25	4	1	Petersianthus macrocarpus	133	2,18	5
Petersianthus macrocarpus	26	11,39	1	Petersianthus macrocarpus	134	2,22	5
Petersianthus macrocarpus	27	4,4	1	Petersianthus macrocarpus	135	23	6
Petersianthus macrocarpus	28	4,8	1	Petersianthus macrocarpus	136	8,19	6
Petersianthus macrocarpus	29	13,24	1	Petersianthus macrocarpus	137	10,4	6
Petersianthus macrocarpus	30	4,8	1	Petersianthus macrocarpus	138	8	6
Petersianthus macrocarpus	31	5,22	1	Petersianthus macrocarpus	139	1,3	6
Petersianthus macrocarpus	32	6,9	1	Petersianthus macrocarpus	140	5,45	6
Petersianthus macrocarpus	33	16,27	1	Petersianthus macrocarpus	141	8,35	6
Petersianthus macrocarpus	35	5,7	2	Petersianthus macrocarpus	142	12,1	6
Petersianthus macrocarpus	36	12,46	2	Petersianthus macrocarpus	143	7,6	6
Petersianthus macrocarpus	37	15,33	2	Petersianthus macrocarpus	144	3,6	6
Petersianthus macrocarpus	38	9,23	2	Petersianthus macrocarpus	145	13,4	6
Petersianthus macrocarpus	39	17,26	2	Petersianthus macrocarpus	146	6,4	6
Petersianthus macrocarpus	40	21	2	Petersianthus macrocarpus	147	13	7
Petersianthus macrocarpus	41	2,5	2	Petersianthus macrocarpus	148	2,89	7
Petersianthus macrocarpus	42	4,29	2	Petersianthus macrocarpus	149	4,15	7
Petersianthus macrocarpus	43	2,5	2	Petersianthus macrocarpus	150	3,32	7
Petersianthus macrocarpus	44	4,29	2	Petersianthus macrocarpus	151	7,66	7
Petersianthus macrocarpus	45	4,69	2	Petersianthus macrocarpus	152	7,6	7
Petersianthus macrocarpus	46	11	2	Petersianthus macrocarpus	153	10	7
Petersianthus macrocarpus	47	5,3	2	Petersianthus macrocarpus	154	8,4	7
Petersianthus macrocarpus	48	4,23	2	Petersianthus macrocarpus	155	10,5	7
Petersianthus macrocarpus	49	6,29	2	Petersianthus macrocarpus	156	12	7
Petersianthus macrocarpus	50	10,32	2	Petersianthus macrocarpus	157	9,87	7
Petersianthus macrocarpus	51	5,5	2	Petersianthus macrocarpus	158	3,42	7
Petersianthus macrocarpus	52	5,5	2	Petersianthus macrocarpus	159	7,95	7
Petersianthus macrocarpus	53	3	2	Petersianthus macrocarpus	160	6,59	7
Petersianthus macrocarpus	54	6,34	2	Petersianthus macrocarpus	161	3,5	7
Petersianthus macrocarpus	55	8,35	2	Petersianthus macrocarpus	162	4,3	7
Petersianthus macrocarpus	56	6,45	3	Petersianthus macrocarpus	163	5,37	7
Petersianthus macrocarpus	57	8,15	3	Petersianthus macrocarpus	164	6,43	7
Petersianthus macrocarpus	58	4	3	Petersianthus macrocarpus	165	5,3	7
Petersianthus macrocarpus	59	12,4	3	Petersianthus macrocarpus	166	10	7
Petersianthus macrocarpus	60	2	3	Petersianthus macrocarpus	167	4,35	7
Petersianthus macrocarpus	61	5,31	3	Petersianthus macrocarpus	168	4,35	7
Petersianthus macrocarpus	62	6,8	3	Petersianthus macrocarpus	169	7,52	7
Petersianthus macrocarpus	63	6,9	3	Petersianthus macrocarpus	170	9,41	7
Petersianthus macrocarpus	64	6	3	Petersianthus macrocarpus	171	13,4	7
Petersianthus macrocarpus	65	6,2	3	Petersianthus macrocarpus	172	12,2	7
Petersianthus macrocarpus	66	4,54	3	Petersianthus macrocarpus	173	13,5	7
Petersianthus macrocarpus	67	5,92	3	Petersianthus macrocarpus	174	6,8	7
Petersianthus macrocarpus	68	3,58	3	Petersianthus macrocarpus	175	1,9	7
Petersianthus macrocarpus	69	10,46	3	Petersianthus macrocarpus	176	15,7	7
Petersianthus macrocarpus	70	13,57	3	Petersianthus macrocarpus	177	7,53	7
Petersianthus macrocarpus	71	6,22	3	Petersianthus macrocarpus	178	5,75	7

Petersianthus macrocarpus	72	11,3	3	Petersianthus macrocarpus	179	10,5	7
Petersianthus macrocarpus	73	7,2	3	Petersianthus macrocarpus	180	6,45	8
Petersianthus macrocarpus	74	8,32	3	Petersianthus macrocarpus	181	8,15	8
Petersianthus macrocarpus	75	8,46	4	Petersianthus macrocarpus	182	4	8
Petersianthus macrocarpus	76	9,45	4	Petersianthus macrocarpus	183	4	8
Petersianthus macrocarpus	77	10	4	Petersianthus macrocarpus	184	12,4	8
Petersianthus macrocarpus	78	12,19	4	Petersianthus macrocarpus	185	5,31	8
Petersianthus macrocarpus	79	6,42	4	Petersianthus macrocarpus	186	6,8	8
Petersianthus macrocarpus	80	8,18	4	Petersianthus macrocarpus	187	6,9	8
Petersianthus macrocarpus	81	4,91	4	Petersianthus macrocarpus	188	6,2	8
Petersianthus macrocarpus	82	10,34	4	Petersianthus macrocarpus	189	4,54	8
Petersianthus macrocarpus	83	3,28	4	Petersianthus macrocarpus	190	5,92	8
Petersianthus macrocarpus	84	5,58	4	Petersianthus macrocarpus	191	3,58	8
Petersianthus macrocarpus	85	3,85	4	Petersianthus macrocarpus	192	10,5	8
Petersianthus macrocarpus	86	6,02	4	Petersianthus macrocarpus	193	13,6	8
Petersianthus macrocarpus	87	3,86	4	Petersianthus macrocarpus	194	6,22	8
Petersianthus macrocarpus	88	7,78	4	Petersianthus macrocarpus	195	11,3	8
Petersianthus macrocarpus	89	7,7	4	Petersianthus macrocarpus	196	8,32	8
Petersianthus macrocarpus	90	2,1	4	Petersianthus macrocarpus	197	5,8	9
Petersianthus macrocarpus	91	9,24	4	Petersianthus macrocarpus	198	11,4	9
Petersianthus macrocarpus	92	5,41	4	Petersianthus macrocarpus	199	15,3	9
Petersianthus macrocarpus	93	3,54	4	Petersianthus macrocarpus	200	5,4	9
Petersianthus macrocarpus	94	8,07	4	Petersianthus macrocarpus	201	17,3	9
Petersianthus macrocarpus	95	3,9	4	Petersianthus macrocarpus	202	21	9
Petersianthus macrocarpus	96	8,42	4	Petersianthus macrocarpus	203	2,5	9
Petersianthus macrocarpus	97	3,45	4	Petersianthus macrocarpus	204	4,29	9
Petersianthus macrocarpus	98	5,48	4	Petersianthus macrocarpus	205	2,5	9
Petersianthus macrocarpus	99	17,13	4	Petersianthus macrocarpus	206	4,29	9
Petersianthus macrocarpus	100	3,68	4	Petersianthus macrocarpus	207	4,69	9
Petersianthus macrocarpus	101	7,92	4	Petersianthus macrocarpus	208	5,3	9
Petersianthus macrocarpus	102	5,15	4	Petersianthus macrocarpus	209	6,29	9
Petersianthus macrocarpus	103	3,31	4	Petersianthus macrocarpus	210	10,3	9
Petersianthus macrocarpus	104	3,51	4	Petersianthus macrocarpus	211	5,5	9
Petersianthus macrocarpus	105	5,45	4	Petersianthus macrocarpus	212	5,5	9
Petersianthus macrocarpus	106	4,73	4	Petersianthus macrocarpus	213	6,3	9
Petersianthus macrocarpus	107	3,96	4	Petersianthus macrocarpus	214	4,6	9
Petersianthus macrocarpus	108	4,8	4	Petersianthus macrocarpus	215	8,35	9
Total distances = 215						**∑ri=1563,15**	

ANNEXE 7.

Résultats du test de Hines et Hines sur base des données issues de la méthode T-Square Sampling Procedure pour tester l'hypothèse d'une distribution aléatoire de la population de *Julbernardia seretii* sur le sol argileux.

$$h_T = \frac{2n\left\{2\sum (x_i^2 + \sum z_i^2\right\}}{\left\{(\sqrt{2}\sum x_i + \sum z_i\right\}^2}$$

N°		Xi	Xi²	Zi	Zi²	
1	Julbernardia seretii	14,7	216,09	20,81	433,0561	**1,305184967**
2	Julbernardia seretii	20,92	437,6464	15,1	228,01	
3	Julbernardia seretii	16,34	266,9956	11,34	128,5956	
4	Julbernardia seretii	5,48	30,0304	12,8	163,84	
5	Julbernardia seretii	7,58	57,4564	21,44	459,6736	
6	Julbernardia seretii	9,1	82,81	6,8	46,24	
7	Julbernardia seretii	6,96	48,4416	17,38	302,0644	
8	Julbernardia seretii	6,1	37,21	21,72	471,7584	
9	Julbernardia seretii	3,11	9,6721	20,1	404,01	
10	Julbernardia seretii	5,2	27,04	11,1	123,21	
11	Julbernardia seretii	15,19	230,7361	16,66	277,5556	
12	Julbernardia seretii	7,5	56,25	13,1	171,61	
13	Julbernardia seretii	2,8	7,84	17,12	293,0944	
14	Julbernardia seretii	15,39	236,8521	21,4	457,96	
15	Julbernardia seretii	8,7	75,69	17,8	316,84	
16	Julbernardia seretii	4,7	22,09	7,2	51,84	
17	Julbernardia seretii	7,7	59,29	22,44	503,5536	
18	Julbernardia seretii	3,13	9,7969	12,54	157,2516	
19	Julbernardia seretii	29,1	846,81	3,7	13,69	
20	Julbernardia seretii	12,5	156,25	4,8	23,04	
21	Julbernardia seretii	5,9	34,81	9,4	88,36	
22	Julbernardia seretii	21,9	479,61	24,7	610,09	
23	Julbernardia seretii	3,17	10,0489	21,5	462,25	
24	Julbernardia seretii	8,56	73,2736	14,83	219,9289	
25	Julbernardia seretii	8,66	74,9956	9,62	92,5444	
26	Julbernardia seretii	2,43	5,9049	6,65	44,2225	
27	Julbernardia seretii	12,64	159,7696	10,04	100,8016	
28	Julbernardia seretii	8,08	65,2864	12,88	165,8944	
29	Julbernardia seretii	11,07	122,5449	15,57	242,4249	
30	Julbernardia seretii	22,3	497,29	17,1	292,41	
31	Julbernardia seretii	1,33	1,7689	10,65	113,4225	
32	Julbernardia seretii	22,46	504,4516	27,47	754,6009	
33	Julbernardia seretii	6,4	40,96	15,5	240,25	
34	Julbernardia seretii	23,47	550,8409	8,11	65,7721	
35	Julbernardia seretii	13,32	177,4224	17,12	293,0944	
36	Julbernardia seretii	9,8	96,04	6,4	40,96	
37	Julbernardia seretii	6,5	42,25	7,8	60,84	
38	Julbernardia seretii	5,86	34,3396	8,85	78,3225	

Total					
38		**396,05**	**5886,605**	**539,54**	**8993,082**

ANNEXE 8.

Résultats du test de Hines et Hines sur base des données issues de la méthode T-Square Sampling Procedure pour tester l'hypothèse d'une distribution aléatoire de la population de *Julbernardia seretii* sur le sol sableleux.

N°	**Xi**	**Xi²**	**Zi**	**Zi²**	$h_T = \frac{2n\{2\sum(x_i^2+\sum z_i^2\}}{\{(\sqrt{2}\sum x_i+\sum z_i\}^2}$
1	12,04	144,9616	7,09	50,2681	**1,33594889**
2	9,88	97,6144	8,12	65,9344	
3	6,05	36,6025	2,6	6,76	
4	3,1	9,61	1,8	3,24	
5	9,8	96,04	14,81	219,3361	
6	17,12	293,0944	17,91	320,7681	
7	29,52	871,4304	9,1	82,81	
8	28,65	820,8225	13,19	173,9761	
9	15,47	239,3209	19,9	396,01	
10	16,2	262,44	4,4	19,36	
11	16,54	273,5716	7	49	
12	11,05	122,1025	18,47	341,1409	
13	26,13	682,7769	26,92	724,6864	
14	8,29	68,7241	8,7	75,69	
15	5,63	31,6969	12,59	158,5081	
16	9,16	83,9056	19,1	364,81	
17	5,88	34,5744	15,01	225,3001	
18	10,5	110,25	11,1	123,21	
19	25,3	640,09	6,7	44,89	
20	9,04	81,7216	20,35	414,1225	
21	6,07	36,8449	12,53	157,0009	
22	6,9	47,61	11,1	123,21	
23	15,8	249,64	7,4	54,76	
24	20,41	416,5681	16,17	261,4689	
25	14,21	201,9241	8,55	73,1025	
26	7,15	51,1225	3,99	15,9201	
27	18,66	348,1956	4,03	16,2409	
28	8,08	65,2864	12,88	165,8944	
29	11,07	122,5449	15,57	242,4249	
30	22,3	497,29	17,1	292,41	
31	1,33	1,7689	10,65	113,4225	
32	22,46	504,4516	27,47	754,6009	
33	6,4	40,96	15,5	240,25	
34	23,47	550,8409	8,11	65,7721	

35	13,32	177,4224	17,12	293,0944
36	9,8	96,04	6,4	40,96
37	6,5	42,25	7,8	60,84
38	5,86	34,3396	8,85	78,3225
39	14,7	216,09	20,81	433,0561
40	20,92	437,6464	15,1	228,01
41	16,34	266,9956	11,34	128,5956
42	5,48	30,0304	12,8	163,84
43	7,58	57,4564	21,44	459,6736
44	9,1	82,81	6,8	46,24
45	6,96	48,4416	17,38	302,0644
46	6,1	37,21	21,72	471,7584
47	3,11	9,6721	20,1	404,01
48	5,2	27,04	11,1	123,21
49	15,19	230,7361	16,66	277,5556
50	7,5	56,25	13,1	171,61
51	2,8	7,84	17,12	293,0944
52	15,39	236,8521	21,4	457,96
53	8,7	75,69	17,8	316,84
54	4,7	22,09	7,2	51,84
55	7,7	59,29	22,44	503,5536
56	3,13	9,7969	12,54	157,2516
57	29,1	846,81	3,7	13,69
58	12,5	156,25	4,8	23,04
59	5,9	34,81	9,4	88,36
60	21,9	479,61	24,7	610,09
61	3,17	10,0489	21,5	462,25
62	8,56	73,2736	14,83	219,9289
63	8,66	74,9956	9,62	92,5444
64	2,43	5,9049	6,65	44,2225
65	12,64	159,7696	10,04	100,8016
65	**760,6**	**12239,8604**	**848,17**	**13554,6065**

ANNEXE 9.

Présente les résultats du test de Hines et Hines sur base des données issues de la méthode T-square sampling Procedure pour tester l'hypothèse d'une distribution aléatoire de la population de *Petersianthus macrocarpus* sur le sol argileux.

N°	Xi	Xi²	Zi	Zi²	$h_T=\frac{2n\left\{2\sum(x_i^2+\sum z_i^2\right\}}{\left\{(\sqrt{2}\sum x_i+\sum z_i\right\}^2}$
1	10,48	109,8304	9,22	85,0084	**1,35259262**
2	5,22	27,2484	21,68	470,0224	
3	5,57	31,0249	8,44	71,2336	
4	3,37	11,3569	23,35	545,2225	

5	4,33	18,7489	8,16	66,5856
6	7,25	52,5625	2,55	6,5025
7	3,27	10,6929	4,97	24,7009
8	6,42	41,2164	8,7	75,69
9	4,74	22,4676	12,64	159,7696
10	9,49	90,0601	5,63	31,6969
11	3,91	15,2881	7,47	55,8009
12	5,44	29,5936	8,47	71,7409
13	4,43	19,6249	2,74	7,5076
14	9,74	94,8676	8,98	80,6404
15	6,3	39,69	3,6	12,96
16	8,42	70,8964	3,88	15,0544
17	4,73	22,3729	4,7	22,09
18	3,88	15,0544	6,57	43,1649
19	7,7	59,29	2,9	8,41
20	21,32	454,5424	3,89	15,1321
21	6,61	43,6921	3,35	11,2225
22	9,67	93,5089	7,1	50,41
23	20,7	428,49	17,35	301,0225
24	10,19	103,8361	7,15	51,1225
25	8,36	69,8896	11,7	136,89
26	10,48	109,8304	12,47	155,5009
27	9,3	86,49	16,88	284,9344
28	8,74	76,3876	10,75	115,5625
29	15,65	244,9225	12,32	151,7824
30	12,61	159,0121	9,71	94,2841
31	10,54	111,0916	12,8	163,84
32	9,35	87,4225	11,41	130,1881
33	12,4	153,76	11,3	127,69
34	5,27	27,7729	19,54	381,8116
35	5,93	35,1649	8,31	69,0561
36	15,88	252,1744	5,38	28,9444
37	7,17	51,4089	5,38	28,9444
38	11,31	127,9161	6,79	46,1041
39	4,34	18,8356	7,94	63,0436
40	17,92	321,1264	6,37	40,5769
41	9,73	94,6729	10,15	103,0225
42	7,39	54,6121	6,31	39,8161
43	6,48	41,9904	5,3	28,09
44	5,57	31,0249	3,22	10,3684
45	5,81	33,7561	8,56	73,2736
46	1,13	1,2769	7,54	56,8516
47	7,91	62,5681	11,13	123,8769
48	7,37	54,3169	5,52	30,4704
49	11,9	141,61	3,93	15,4449
50	5,99	35,8801	7,75	60,0625

51	5,08	25,8064	8,36	69,8896
52	9,86	97,2196	6,1	37,21
53	4,32	18,6624	13,33	177,6889
54	6,2	38,44	2,79	7,7841
55	5,57	31,0249	11,3	127,69
56	9,49	90,0601	10,45	109,2025
57	10	100	11,15	124,3225
58	2,36	5,5696	11,5	132,25
59	5,33	28,4089	2,3	5,29
60	10,76	115,7776	4,84	23,4256
61	2,8	7,84	2,74	7,5076
62	4,1	16,81	11,6	134,56
63	13,16	173,1856	6,57	43,1649
64	6,92	47,8864	7,41	54,9081
65	7,31	53,4361	6,96	48,4416
66	5,94	35,2836	11,38	129,5044
67	12,58	158,2564	6,07	36,8449
68	6,68	44,6224	6,93	48,0249
69	2,9	8,41	3,94	15,5236
70	3,78	14,2884	4,75	22,5625
71	11,37	129,2769	13,44	180,6336
72	4,39	19,2721	8,97	80,4609
73	13,33	177,6889	4,57	20,8849
74	15,5	240,25	12,24	149,8176
75	8,44	71,2336	6,46	41,7316
76	10,42	108,5764	3,25	10,5625
77	8,56	73,2736	2,68	7,1824
78	9,11	82,9921	7,9	62,41
79	4,45	19,8025	12,94	167,4436
80	9,62	92,5444	10,15	103,0225
81	4,63	21,4369	10,34	106,9156
82	12,5	156,25	7,24	52,4176
83	7,24	52,4176	8,5	72,25
84	12,25	150,0625	10,15	103,0225
85	3,98	15,8404	8,75	76,5625
86	12,57	158,0049	3,64	13,2496
87	8,58	73,6164	6,98	48,7204
88	12,13	147,1369	13,26	175,8276
89	16,5	272,25	8,25	68,0625
90	4,66	21,7156	3,31	10,9561
91	4,03	16,2409	3,15	9,9225
92	16,06	257,9236	27,95	781,2025
93	4,47	19,9809	6,98	48,7204
94	19,02	361,7604	3,38	11,4244
95	7,9	62,41	8,1	65,61
96	6,48	41,9904	2,38	5,6644

97	7,26	52,7076	18,14	329,0596
98	4,42	19,5364	6,5	42,25
99	6,25	39,0625	2,63	6,9169
100	4,46	19,8916	5,35	28,6225
101	10,5	110,25	8,47	71,7409
102	5,18	26,8324	11,26	126,7876
103	10,6	112,36	10,17	103,4289
104	8,26	68,2276	5,12	26,2144
105	17,5	306,25	18,89	356,8321
106	8,41	70,7281	5,95	35,4025
107	2,12	4,4944	6,38	40,7044
108	7,13	50,8369	12,95	167,7025
109	25,85	668,2225	5,95	35,4025
110	12,95	167,7025	7,96	63,3616
111	5,6	31,36	6,78	45,9684
112	15,5	240,25	8,52	72,5904
113	10,34	106,9156	11,75	138,0625
114	10,16	103,2256	6,56	43,0336
115	23,38	546,6244	11,94	142,5636
116	11,07	122,5449	3,37	11,3569
117	11,37	129,2769	4,52	20,4304
118	7,42	55,0564	7,32	53,5824
119	4,75	22,5625	3,64	13,2496
120	6,74	45,4276	9,25	85,5625
121	5,57	31,0249	5,69	32,3761
122	6,5	42,25	5,7	32,49
123	6,78	45,9684	12,15	147,6225
124	4,35	18,9225	4,97	24,7009
125	6,29	39,5641	8,78	77,0884
126	2,22	4,9284	19,02	361,7604
127	2,28	5,1984	4,84	23,4256
128	5,3	28,09	8,13	66,0969
129	8,28	68,5584	12,12	146,8944
130	3,28	10,7584	8,77	76,9129
131	3,76	14,1376	4,5	20,25
132	5,1	26,01	8,54	72,9316
133	17,09	292,0681	4,82	23,2324
134	21,71	471,3241	4,69	21,9961
135	6,24	38,9376	10,16	103,2256
136	6,03	36,3609	13,01	169,2601
137	9,65	93,1225	9,45	89,3025
138	3,14	9,8596	5,49	30,1401
139	5,37	28,8369	9,31	86,6761
140	4,69	21,9961	9,03	81,5409
141	11,89	141,3721	7,67	58,8289
142	3,49	12,1801	5,8	33,64

143	3	9	12,98	168,4804	
144	28,02	785,1204	7,4	54,76	
145	7,92	62,7264	10,92	119,2464	
146	9,64	92,9296	3,32	11,0224	
147	5,21	27,1441	8,9	79,21	
148	9,36	87,6096	21,16	447,7456	
149	12,5	156,25	6,72	45,1584	
150	15,44	238,3936	3	9	
150	**1278,36**	**14406,7958**	**1253,79**	**13449,4577**	

ANNEXE 10.

Résultats du test de Hines et Hines sur base des données issues de la méthode T-Square Sampling Procedure pour tester l'hypothèse d'une distribution aléatoire de la population de *Petersianthus macrocarpus* sur le sol sableux.

N°	**XI**	**Xi²**	**ZI**	**Zi²**	$h_T=\frac{2n\{2\sum(x_i^2+\sum z_i^2\}}{\{(\sqrt{2}\sum x_i+\sum z_i\}^2}$
1	2,68	7,1824	28,37	804,8569	**1,26464887**
2	5,72	32,7184	17,26	297,9076	
3	15,14	229,2196	21,4	457,96	
4	20,92	437,6464	24,98	624,0004	
5	13,17	173,4489	13,57	184,1449	
6	12,54	157,2516	14,47	209,3809	
7	14,9	222,01	15,12	228,6144	
8	6,62	43,8244	14,91	222,3081	
9	13,3	176,89	17,6	309,76	
10	13,16	173,1856	24,46	598,2916	
11	10,04	100,8016	16,92	286,2864	
12	3	9	7,5	56,25	
13	15,85	251,2225	27,7	767,29	
14	17,99	323,6401	19,92	396,8064	
15	16,41	269,2881	18,49	341,8801	
16	5,52	30,4704	7,63	58,2169	
17	8,4	70,56	9,2	84,64	
18	10,24	104,8576	13,52	182,7904	
19	6,35	40,3225	12,04	144,9616	
20	6,2	38,44	8,04	64,6416	
21	9,51	90,4401	15,71	246,8041	
22	1,5	2,25	10,16	103,2256	
23	5,7	32,49	30	900	
24	15,46	239,0116	36,3	1317,69	
25	5,56	30,9136	7,75	60,0625	
26	7,02	49,2804	12,45	155,0025	
27	4,31	18,5761	5,9	34,81	
28	11,99	143,7601	16,93	286,6249	

29	11,1	123,21	13,6	184,96
30	4,62	21,3444	5,2	27,04
31	19,7	388,09	25,78	664,6084
32	20,4	416,16	35,64	1270,2096
33	6,9	47,61	6,92	47,8864
34	8,79	77,2641	13,39	179,2921
35	8,47	71,7409	12,07	145,6849
36	6,53	42,6409	8,35	69,7225
37	4,32	18,6624	27,27	743,6529
38	20,67	427,2489	25,15	632,5225
39	5,56	30,9136	25,74	662,5476
40	23,97	574,5609	26,6	707,56
40	**420,23**	**5738,1481**	**694,01**	**14760,8947**

ANNEXE 11. Essences dominantes des quelques relevés

espèce	Yoko1	Yoko2	Yoko3	Yoko4	Biaro1	Biaro2	Biaro3	Biaro4
Alstonia boonei	0	0	0	0	3	3	2	5
Annonidium mannii	4	2	5	2	0	4	4	0
Julbernadia seretii	19	12	11	4	7	5	12	2
Pericopsis elata	0	0	0	0	24	4	5	0
Petersianthus macrocarpus	0	2	3	3	40	38	9	8
Prioria balsamiferum	9	13	7	7	0	0	0	0
Prioria oxyphyllum	3	4	6	1	0	0	0	0
Pseudospondias microcarpa	0	0	0	0	1	2	2	1
Pycnanthus angolensis	1	0	1	0	1	2	0	0
Scorodophloeus zenkeri	29	47	26	33	0	0	0	0
Strombosia pustulata	0	0	1	1	0	0	0	0
Trilepisium madagascariensis	0	0	1	0	13	6	4	6
Uapaca guinensis	0	0	0	0	1	3	4	7

ANNEXE.12 : Valeurs critiques pour le test statistique de Hines

Tableau 1 : Valeurs critiques pour le test statistique de Hines. Ce test vérifie l'hypothèse qu'une distribution, échantillonnée par la « T-Square Sampling Procedure », est aléatoire. n est la taille d'échantillon, c'est-à-dire le nombre de points aléatoires. Des valeurs basses pour h_T indiquent une distribution agrégée.

	Regular alternative				Aggregated alternative			
n/α	0.005	0.01	0.025	0.05	0.05	0.025	0.01	0.005
5	1.0340	1.0488	1.0719	1.0932	1.4593	1.5211	1.6054	1.6727
6	1.0501	1.0644	1.0865	1.1069	1.4472	1.5025	1.5769	1.6354
7	1.0632	1.0769	1.0983	1.1178	1.4368	1.4872	1.5540	1.6060
8	1.0740	1.0873	1.1080	1.1268	1.4280	1.4743	1.4743	1.5821
9	1.0832	1.0962	1.1162	1.1344	1.4203	1.4633	1.4539	1.5623
10	1.0912	1.1038	1.1232	1.1409	1.4136	1.4539	1.4456	1.5456
11	1.0982	1.1105	1.1293	1.1465	1.4078	1.4456	1.4384	1.5313
12	1.1044	1.1164	1.1348	1.1515	1.4025	1.4384	1.4319	1.5189
13	1.1099	1.1216	1.1396	1.1559	1.3978	1.4319	1.4261	1.5080
14	1.1149	1.1264	1.1439	1.1598	1.3936	1.4261	1.4209	1.4983
15	1.1195	1.1307	1.1479	1.1634	1.3898	1.4209	1.4098	1.4897
17	1.1292	1.1399	1.1563	1.1710	1.3815	1.4098	1.4008	1.4715
20	1.1372	1.1475	1.1631	1.1772	1.3748	1.4008	1.3870	1.4571
25	1.1498	1.1593	1.1738	1.1868	1.3644	1.3870	1.3768	1.4354
30	1.1593	1.1682	1.1818	1.1940	1.3565	1.3768	1.3689	1.4197
35	1.1668	1.1753	1.1882	1.1996	1.3504	1.3689	1.3625	1.4077
40	1.1730	1.1811	1.1933	1.2042	1.3455	1.3625	1.3572	1.3981
45	1.1782	1.1859	1.1976	1.2080	1.3414	1.3572	1.3528	1.3903
50	1.1826	1.1900	1.2013	1.2112	1.3379	1.3528	1.3377	1.3837
75	1.1979	1.2043	1.2139	1.2223	1.3260	1.3377	1.3260	1.3619
100	1.2073	1.2130	1.2215	1.2290	1.3189	1.3289	1.3189	1.3492
150	1.2187	1.2235	1.2307	1.2369	1.3105	1.3184	1.3105	1.3344
200	1.2257	1.2299	1.2362	1.2417	1.3055	1.3122	1.3055	1.3258
300	1.2341	1.2376	1.2429	1.2474	1.2995	1.3049	1.2995	1.3158
400	1.2391	1.2422	1.2468	1.2509	1.2960	1.3006	1.2960	1.3099
500	1.2426	1.2454	1.2496	1.2532	1.2936	1.2977	1.2936	1.3059

Source : Hines et Hines (1979)