

# UNIVERSITE DE KISANGANI



B.P 2012

Kisangani

Faculté des Sciences Agronomiques

*Département de Gestion des Ressources Naturelles*

CONTRIBUTION A L'APPLICATION DES MESURES  
EN CARRE AUX ESPECES DU GENRE *Afzelia* (*A.*  
*bipindensis*, *A. bella* et *A. pachyloba*) HARMS DANS LA  
JACHERE ARBUSTIVE A YANGAMBI (RDC)

Par

José KAMBILI MODU

Mémoire de fin d'étude  
Présenté et défendue en vue de  
l'obtention du grade d'Ingénieur  
Agronome.

Options : *Eaux et Forêts*

Directeur : Nshimba Hippolyte  
*Professeur Associé*

Encadreur : Ir. Sylvain SOLIA  
*Chef des travaux*



ANNEE ACADEMIQUE 2010-2011

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire marquant la fin des nos études universitaires, nous remercions l'Eternel Dieu tout Puissant pour le souffle de vie, la force, le courage et l'intelligence qu'il nous accordé.

Nous remercions et tenons à exprimer notre profonde reconnaissance au Professeur Hippolyte NSHIMBA pour avoir accepté la direction ce travail.

Nous exprimons notre profonde et respectueuse gratitude au chef des travaux Sylvain SOLIA qui malgré ses multiples occupations a tout de même tenu à encadrer ce travail avec toute conscience.

Nous ne pouvons passer sous silence, l'assistance combien louable des nos éducateurs de l'école primaire, secondaire et universitaires en général et en particulier ceux de la Faculté des Sciences Agronomiques pour avoir fait de nous un Ingénieur Agronome de qualité.

A notre chère épouse Marie MANA pour son soutien et encouragement malgré les multiples difficultés et souffrance qu'elle a endurée en vue de l'aboutissement de ce chemin de la croix.

A nos enfants Jospin LOMO, Ephète MAKU et Bénédicte MUSANGILAY les jumeaux.

A nos pères et mères spirituels : César BONDE et son épouse Madeleine, Benoît KENDE et son épouse Eugénie, Papa Pierre ainsi que leurs enfants.

Nous saisissons cette occasion pour témoigner à vous Maman MUSHEGERA, sœur Guylaine MUSANGILAY, Mamy FURAHA, frère Arsène MAISHA et son épouse Nathalie, vos soutiens matériels, vos conseils et encouragement ont assuré la réussite de cette œuvre immortelle.

A nos oncles, tantes paternelles et maternelles : François LOMO, Ferdinand BANGA, Vicky MBALAZU, Simon NOBUKO, Gabriel DEY et son épouse Matty et son épouse, Christine, Alphonsine MBILA, Clémentine ETOTO, Marie NKAKOMBO, Jeannette AKUMONI, Maman Cécile NSAMBI et Henriette MBESA.

A nos frères et sœurs : Jean Marie KAMBILI et son épouse LANGI, Jean Robert KAMBILI, Justin KAMBILI, John, DEY, NGBEE, Trésor, Claude MADAMA, PAPAYA, JB BONGABA, ZONGBI, KUMBOYO, NBGO, SEMBO, Papy, Ives ADI PANDI, NDAKPALA, NGABE, MBOBOY, Nadine LOMO, Anne Marie, Brigitte, Tine, Ado, Marie Pierre, Louise, Patience, Shocolas, Dethe, Francine, Deborah, Jolie, Odile, Thérèse et Elie.

Nous ne pouvons passer inaperçu sans citer nos collègues Ingénieurs avec qui nous passer ce parcours ensemble : Acen Rosine, ADROMA, AKISENDE, ARUFU, BAUNDJA, BAHATI, BANDU, CHEBELE, ESIO, ISSA, KAWENDE, KAIMBA, KONGOLO, LAKELE, MAKAMBO, MOMBENGA, NGHOTA, NGIMA, SAIBA, SUNGU, TEBONGO, et tous ceux dont je n'ai pas cité qu'ils ne sentent pas oubliés, qu'ils trouvent l'expression de notre profonde reconnaissance.

*José KAMBILI MODU*

## **DEDICACE**

A notre Papa KAMBILI DESIA, vos conseils et soutien ont produit les résultats escomptés.

A notre regrettée Maman Joséphine INYATSURU, qui nous a quitté très tôt, nous ne cesserons de penser à vous et le destin nous a arraché, mais dont le souvenir inaltérable de son courage et optimisme nous a permis de persévérer.

A notre tante paternelle Marcelline LONGO et son époux Papa Marc MAKU, nous saisissons cette occasion pour vous témoigner notre reconnaissance sincère. Vos soutiens tant matériels, financiers que morales, vos conseils et encouragement ont réussi à produire un Ingénieur dans la famille.

*José KAMBILI MODU*

## ***0. Introduction***

### ***0.1. Problématique***

Les forêts constituent les principales réserves mondiales de diversité génétique, végétale et animale et leur destruction serait une perte inestimable pour la flore et la faune de la planète (Wilson, 1988). Celles naturelles de la RDC représentent près de 6% de l'ensemble des forêts du monde et plus de 47% de celles de l'Afrique et 58% de celle du bassin du Congo. Elles couvrent environ 145 millions d'hectares, soit 62% du territoire national. C'est la deuxième plus vaste forêt tropicale du monde (Cifor et *al.* 2007).

La République Démocratique du Congo compte 128 millions d'hectares des forêts d'Afrique. Elle est le premier pays d'Afrique de par l'étendue de ses forêts et la plus importante pour la préservation de l'environnement mondiale, c'est le cinquième pays forestier au monde après la Russie, le Canada, les USA et le Brésil (Lokombe, 1996).

Elles correspondent à plus d'un million de km<sup>2</sup> qui abrite des nombreuses espèces végétales et animales avec un taux d'endémisme très élevé. Etant donné les conditions socio-économiques que traverse le pays comparativement aux potentialités du pays, l'exploitation forestière est restée jusqu'ici modeste. Il est néanmoins probable que la valorisation des ressources forestières augmente dans les prochaines années étant donné la croissance de la population et les enjeux de développement auxquels doit faire face ce pays.

Les forêts de la RDC sont appelées à jouer un grand rôle dans la régulation des grands courants climatiques (Nshimba, 2005). Afin de conserver ce patrimoine naturel exceptionnel, d'exploiter durablement ses ressources et de développer ses infrastructures, la RDC doit disposer d'une information à jour permettant de caractériser au mieux l'occupation du sol.

La structure spatiale du peuplement, c'est-à-dire la façon dont les arbres sont disposés en forêt joue un rôle essentiel dans l'expression de ces interactions (Goreaud, 2000). La structure spatiale d'un écosystème, c'est-à-dire la manière dont sont organisés dans l'espace les individus qui les composent, joue souvent un rôle essentiel dans son fonctionnement.

Pour un peuplement forestier par exemple, la structure spatiale ou l'étude spatiale détermine l'environnement local autour de chaque arbre et donc influence les processus naturels comme la croissance et la mortalité (Delvaux, 1981 ; Barrot et *al.* 1999). L'étude spatiale influence également le développement des graines et donc la régénération du peuplement. Son importance sur les écosystèmes paysagers est d'éclairer les processus écologiques reconnus par la communauté écologique (Fortin, 2002).

L'analyse des données ponctuelles dans le dispositif permanent des espèces du genre *Afzelia* Harms à Yangambi constitue notre préoccupation et peut contribuer à la connaissance des éléments pour la gestion durable des ressources forestières dans la cuvette centrale congolaise en particulier.

La jachère arbustive enrichie de *Afzelia* est l'une des formations de la réserve de Loweo. L'étude sur la répartition spatiale et la structure floristique de la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* nous a intéressée et nous a permis à nous poser certaines questions :

- La richesse floristique de la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* serait-elle élevée ?
- La densité du peuplement total serait-elle élevée ?
- La répartition spatiale des espèces du genre *Afzelia* dans la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* serait-elle agrégée ou aléatoire ?

## 0.2. Hypothèse

Pour bien mener cette étude, nous émettons des hypothèses suivantes :

- La richesse floristique de la jachère arbustive à *Afzelia* Harms serait élevée ;
- La densité du peuplement serait élevée ;
- La répartition spatiale des espèces du genre *Afzelia* dans la jachère arbustive à Yangambi serait agrégée.

### **0.3. Objectifs**

#### **0.3.1. Objectif global**

Inventorier tout les arbres de diamètre à hauteur de la poitrine supérieur ou égal à 5 cm de la zone d'étude, afin de déterminer la richesse spécifique et la répartition spatiale.

#### **0.3.2. Objectifs spécifiques**

Les objectifs poursuivis dans le présent travail sont les suivants :

- Faire ressortir la richesse floristique des espèces compagnes des espèces du genre *Afzelia* (cas de la réserve de la biosphère de Yangambi) dans une jachère arbustive ;
- Etudier la répartition spatiale des différentes espèces du genre *Afzelia* ;
- Avoir une connaissance sur la densité relative et la surface terrière de ces espèces compagnes dans le dispositif permanent sur base dendrométrique.

### **0.4. Intérêts**

Cette étude est une contribution sur les connaissances de la structure spatiale et de la richesse spécifique de la forêt à *Afzelia bipindensis* Harms dans la mesure en carré dans les dispositifs permanent en jachère à Yangambi.

Sur le plan didactique et aussi scientifique, cette étude fournit des données fiables qui s'inscrivent dans l'inventaire du patrimoine national en particulier et mondial en général. Elle constitue une base de toute autre étude écologique ayant pour but de caractériser la distribution spatiale et conservation de la diversité biologique dans les tropiques humides.

### **0.5. Travaux antérieurs**

Les travaux sur la structure des forêts sont moins réalisés. C'est seulement en 1966 que Pierlot fut une étude sur la structure et la composition des forêts denses d'Afrique centrale, spécialement celle du Kivu et a ensuite étudié la relation entre le nombre de tige à l'hectare et leur diamètre.

Les travaux plus ou moins récents ayant une approche structurale sont ceux de Ndjango (1994) réalisés sur la structure totale de la forêt mixte de la Réserve de Faune à okapi en Ituri ; Ewango (1994) a étudié la structure totale du peuplement par classes diamétriques et celle du couvert de la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* de la réserve de Faune à Okapi en Ituri ; Mabay (1994) a effectué une étude structurale dans la forêt de Masako ; Makana et *al.* (1995) sur la structure et la diversité des lianes et arbustes dans la forêt monodominante et forêt mixte de l'Ituri ; Assobee (2004) sur la structure diamétrique du Jardin Botanique de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani ainsi que celui de Assumani (2006) sur la contribution à l'étude structurale de la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve floristique de Loweo à Yangambi.

Néanmoins pour les travaux récent ayant une approche sur la répartition spatiale sont ceux de Nshimba (2005) sur l'étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'île Mbiye à Kisangani, RD Congo). DEA/FS ; Kumba (2007) sur l'analyse de la structure spatiale des données ponctuelles par les méthodes des distances appliquées en écologie du paysage ; Solia (2007) Contribution à l'application des mesures en carrées aux espèces *Scorodophloeus zenkeri*, *Olax gambecola* et *Staudtia gabonensis* dans la cuvette centrale congolaise. Cas de la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms de la réserve de Loweo à Yangambi.

#### **0.6. Subdivision**

Hormis l'introduction, le présent travail comporte quatre chapitres. Le premier traite des généralités sur le milieu d'étude. Le deuxième chapitre aborde le matériel et méthode du travail. Le troisième chapitre présente les résultats et le quatrième discute les résultats. Une conclusion et quelques suggestions vont mettre fin à cette étude.



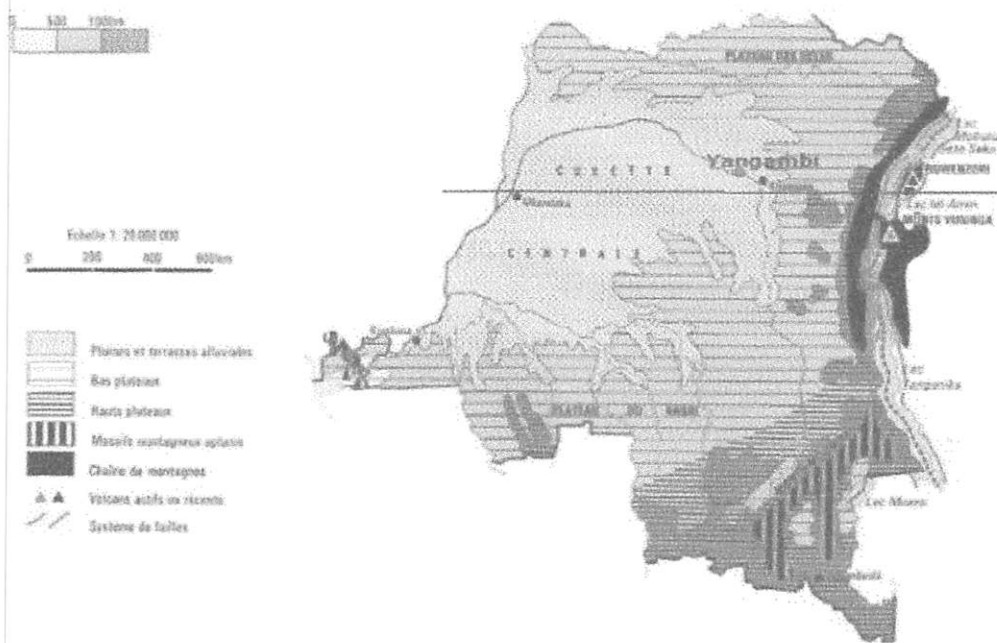
## Chapitre premier : Généralités

### I.1. Milieu d'étude

#### I.1.1. Situation géographique et administrative

La région de Yangambi à laquelle appartient la forêt étudiée est située à 100 km à l'ouest de la ville de Kisangani, chef-lieu du district de la Tshopo, Province orientale (De Heinzelin, 1952).

Van Wambeke et Liben (1957) et Crabbe (1965) l'ont confirmé plus tard que Yangambi est situé sur le fleuve Congo, à la partie nord-est de la cuvette centrale congolaise. Les coordonnées géographiques : Latitude N 0°49' Longitude Est 24° 29' et Altitude moyenne de 470 m. La figure ci-dessous présente la situation de ce milieu.



### ***I.1.2. Climat***

Le climat de Yangambi est du type Af de Köppen et à la classe B de celle de Thornthwaite (Bernard, 1945 ; Bullo, 1972, 1977 et Vandepuut, 1981) c.à.d. climats tropicaux humides dont la température moyenne du mois le plus froid sont supérieurs à 18°C. La hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec est supérieure à 60 mm.

### ***I.1.3. Relief***

Le relief de Yangambi est un plateau disséqué (plateau Lumumba, Likango, Yangambi et Isalowe) par des vallées à fonds plats et larges (Mikombi, 1974 et Kombele, 2004) Yangambi est établi sur un plateau de 450m d'altitude qui domine le fleuve Congo. Le paysage général présente un relief très faiblement accidenté, de larges plateaux entrecoupés de nombreuses rivières et ruisseaux aux vallées peu profondes (Van Wambeke et Liben 1957 ; Kombele, 2004).

### ***I.1.4. Hydrographie***

Etant donné que le relief de Yangambi est un plateau disséqué par des vallées à fonds plats et larges. Ces fonds sont occupés par de cours d'eau dont les principaux affluents sont tributaires au Congo et s'écoulent vers le sud (Lifindo, Lotolo, Bofofoko, Litanda, Bohondé, Lusambila, Isalowe, Loweo, Lobilo, Lotuli, ...) (Kombele, op. cit). La région de Yangambi est parcourue par un réseau dense des tributaires du fleuve Congo (Mikombi, 1974). Le bloc de forêt étudiée est baigné par la rivière Loweo.

## ***I.2. Milieu édaphique***

Décrit par De Leenher et *al.* (1952) et par Van Wambeke (1954), les sols de Yangambi dérivent des sables éoliens datés de la pliocène inférieure. On y trouve des ferrasols des plateaux qui sont des sables grossiers possédant une teneur assez élevée en éléments fins.

Sys et *al.* (1952) et Mambani (1987) classent le sol de Yangambi en trois catégories :

- la série Yangambi qui s'identifie par des latosols développe dans le dépôt éolien non remanié avec une teneur en argile comprise entre 30 et 40% et une couleur ocre-jaune ;
- La série Yakonde caractérisée par les sols dérivés des sables éoliens remaniés dont la teneur en argiles est comprise entre 20 et 30% ;
- La série Isalowe constituée des alluvions récentes, les versants des vallées, les sols ont une couleur Ocre-jaune à brunâtre et une teneur en argile inférieure à 20%.

Le sol de notre site d'étude est généralement caractérisé par la série Yakonde.

### ***I.3. Milieu biologique***

#### ***I.3.1. Végétation***

Les principaux types de végétation de Yangambi peuvent être rassemblés dans deux groupes :

- Les végétations non modifiées : elles comprennent les forêts caducifoliées dont la composition floristique est dominée par *Scorodophloeus zenkeri* (Harms), *Cynometra hankey* (Harms), etc. ; les forêts ombrophiles à *Gilbertiodendron dewevrei* (De wild), *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis ex Hoyle (Solia, 2007 et Alongo, 2007).
- Les végétations modifiées : on y range la parasoleraie, les recrues forestiers, les forêts secondaires remaniées et les groupements artificiels (Kombele, 2004).

#### ***I.3.2. Activités humaines***

L'homme agit sur la biosphère de plusieurs façons :

- En transformant le milieu (sol, climat, végétation) ;
- En altérant la distribution des espèces animales et végétales (destruction, raréfaction, propagation, extension) ;
- En modifiant les espèces elles-mêmes, indirectement par les effets précédents, directement par sélection et création de nouvelles souches (Iyongo, 2007).

La cité de Yangambi a une population hétérogène qui vit de l'agriculture itinérante, de la chasse et de la cueillette comme dans la plupart des forêts africaines (Bahuchet & Joiris, 1993). D'une façon générale, Yangambi compte trois principales tribus à savoir : les Turumbu, les Lokele et les Topoké. Le sex-ratio indique une population de 52,11% des femmes contre 47,89% des hommes (Anonyme, 2010).

La population de Yangambi pratique une chasse dite « traditionnelle », au piège ou au fusil, dans un but alimentaire ou commercial. Cette chasse vise toutes les espèces comestibles, mais en particulier les mammifères. La chasse excède le taux de renouvellement des espèces animales et conduit à leur épuisement (Dethier, 1995 ; Delvingt, 1996). La présence d'exploitation forestière traditionnelle commanditée de l'extérieur aggrave encore l'impact sur les ressources naturelles dans la réserve de Biosphère de Yangambi et dans ses zones périphériques.

### ***1.3.3 Description botanique sur les espèces du genre *Afzelia****

#### ***1.3.3.1. Description***

Les « Doussié » sont des grands arbres ou parfois des arbustes. Leurs feuilles sont paripennées ou parfois subimparipennées ; stipules à parties supérieures libres, linéaires, aiguës, caduques et à parties inférieures connées entre elles, formant, à l'aisselle des feuilles, une pièce épaisse couvrant le bourgeon ; folioles opposées ou subopposées, à pétioles tordus, courts ; limbe entier, dépourvu de ponctuations translucides, mais parfois à points ± bien visibles. Inflorescences en racèmes ou en panicules, solitaires, terminales ou disposées à l'aisselle des feuilles supérieures, axes, pédicelles, bractées, bractéoles, réceptacles et boutons couverts d'un court indument brunâtre ; bractées ovales, concaves, ordinairement caduques. Fleurs disposées sur plus de deux rangs ; bractéoles grandes, opposées, insérées à la partie supérieure du pédicelle, concaves, enveloppant presque complètement les très jeunes boutons puis étalées et ± rapidement caduques ; réceptacle allongé ; disque nul ; sépales 4, imbriqués, ± inégaux, larges ; pétale 1, grand, ± longuement onguiculé, à limbe ± circulaire, bilobé ou subentier, les autres pétales rudimentaires ou nuls ; étamines fertiles 7(8), sublibres ou exceptionnellement connées dans le 1/3 inférieur ; filets exserts, allongés ; staminodes généralement 2, filiformes ; anthères dorsifixes, oblongues, à déhiscence longitudinale ; ovaire comprimé, elliptique, à stipe longuement soudé à la paroi du réceptacle ; ovules

nombreux, uniformément répartis dans la cavité ovarienne; style exsert, allongé; stigmatesubcapité, noir, petit. Gousses inéquilatérales à sa base, obliquement oblongues à subsemi-circulaires ou  $\pm$  réniformes, comprimées, s'ouvrant en deux valves ligneuses, épaisses, glabres, à face externe foncée et  $\pm$  bosselée et à face interne garnie d'un tissu spongieux blanc dans lequel sont serties les graines. Graines nombreuses, ovales ou oblongues, grandes, épaisses, lisses, brillantes, noires ou brun rougeâtre, munies d'un arille charnu, généralement bien développé, jaunâtre, orange ou rouge.

### I.3.3.2. Clé d'identification

Selon Flore du Congo, volume III (1952), la clé d'identification des espèces d'*Afzelia* en RD Congo peut se résumer en deux points principaux ci-après :

- A. Folioles de 2-6,2 cm de long et de 0,9- 2,5 cm de large ; pétioles de 2-4 mm de long ; gousses réniformes :
  - Ramilles et feuilles pubescentes ; 5-10 paires de folioles ; gousses de 13-20 cm de long et de 9-13 cm de large ; graines de 3-4,5 (5,5) cm de long, munies d'un arille jaune citron, cupuliformes à  $\pm$  bilobé..... 1. *Afzelia pachyloba*.
  - Ramilles et feuilles glabres ; 4-7 paires de folioles ; gousses de 9-14 cm de long et de 3,5-7,5 cm de large ; graines de 2-2,6 cm de long, munies d'un arille orange, profondément bilobé..... 2. *Afzelia peturei*.
- B. Folioles de 3,2-16 cm de long et de 1,2-8,5 cm de large ; pétioles de 3-10 mm de long ; gousses droites ou réniformes :
  - I. Folioles arrondies, tronquées ou émarginées au sommet ; pétale de 2-4 cm de long ; ovaire à stipe de 8-10 mm de long ; gousses droites ; arille cupuliforme ..... 3. *Afzelia cuanzensis*.
  - II. Folioles  $\pm$  acuminées, parfois obtuses à arrondies au sommet ; ovaire à stipe de 2-4 mm de long ; gousses réniformes ou droites ; arille profondément bilobé ou cupuliforme :
    - a. Réceptacle de 0,5-0,6 cm de long ; 3-5 paires de folioles ; pétale de 1,3-1,5 cm de long ; gousses droites ; arille cupuliforme..... 4. *Afzelia africana*.
    - b. Réceptacle de 1-2,5 cm de long ; pétale de 3-6,5 cm de long ; gousses réniformes ; arille profondément bilobé :
      - 1. Arbre ; (4) 5-8 paires de folioles ; pétale de 3-4,5 cm de long et de 2-2,5 cm de large, tomentelleux à glabre à la face externe ; gousses de (8) 11-19,5 cm de long et de 5,5-8 cm de large ; graines de (2,5) 3-4 (4,5) cm de long..... 5. *Afzelia bipindensis*.
      - 2. Généralement arbuste ; 3-5 (6) paires de folioles ; pétale de 4-6,5 cm de long et de 2,5-4 cm de large, glabre à la face externe ; gousses de (6) 9-14 (15) cm de long et de 3-6 cm de large ; graines de 2-3,1 cm de long ..... 6. *Afzelia bella*.

Au sens d'Aubreville (1968 & 1970) et Tailfer (1989) et dans la cuvette centrale congolaise dont fait partie notre site d'étude, il se dégage que trois espèces du genre *Afzelia* s'y trouvent en occurrence : *A. bella*, *A. bipindensis* et *A. pachyloba*.

#### ***1.3.4. Présentation***

Le « Doussié » est décrit par Smith pour la première fois en 1950. Au Congo, il est l'objet de légères controverses taxonomiques fondées sur son appartenance et sur une confusion de ses graines.

Selon le Flore du Congo, volume III (1952) *Afzelia sp.*, appartient à l'embranchement de Magnoliophyta ; sous - embranchement de Rosophytina ; la classe Rosopsida ; sous-classe Rosidae ; l'ordre de Fabales ; à la famille de Fabaceae et à la sous famille de Caesalpinioidea.

Le genre sous les tropiques comprend 14 espèces dont six asiatiques et huit africaines ; six de huit espèces africaines se retrouvent en République Démocratique du Congo. La plupart d'espèces arborescentes de genre *Afzelia* fournissent un bois de qualité commerciale fort recherché.

#### ***1.3.5. Usages***

Les bois de « Doussiés », sauf *A. bella*, sont utilisés pour les constructions lourdes et durables : ponts, ouvrages portuaires pour les traverses, la menuiserie extérieure particulièrement exposée aux intempéries, agencements intérieurs et extérieurs de luxe, les parquets à usage domestique et lourd trafic, les escaliers, la construction navale, les cuves pour les produits chimiques (résistants aux acides), charpentes-escaliers, meubles, bardeaux.

## ***Chapitre deuxième : Matériels et méthodes***

### ***2.1. Matériel***

Deux types de matériels nous ont servi à l'exécution des travaux sur terrain. Il s'agit de matériels biologiques et non biologiques.

#### ***2.1.1. Matériel biologique***

Le matériel biologique de notre étude a porté sur les espèces du genre *Afzelia* « Doussié » de la jachère arbustive à Yangambi. Pour que l'arbre fasse partie de notre étude, il devait avoir un diamètre supérieur ou égal à 5 cm.

#### ***2.1.2. Matériel non biologique***

Au cours de nos investigations sur terrain, nous avons utilisé divers matériels en vue de faciliter les opérations.

En effet, nous avons utilisé :

- Deux boussoles pour l'orientation des layons ;
- Deux griffes pour le marquage des arbres comptés ;
- Les machettes pour l'ouverture et le dégagement des layons ;
- Une perche de 1,30 m pour indiquer le niveau de DHP ;
- Un galon en toile de 50 m pour le chaînage des layons et les mensurations des distances entre les individus le plus proche ;
- Un GPS pour déterminer les coordonnées géographiques du milieu.

## **2.2 Méthodes**

### **2.2.1. Inventaire des arbres des DHP $\geq 5$ cm**

Un inventaire systématique a été réalisé dans les parcelles - échantillons préalablement préparées.

#### **2.2.1.1. Technique de sondage**

Dans le sondage systématique, des unités d'échantillonnage sont disposées à distances égales sur les lignes d'inventaire (layon) et les lignes elles-mêmes sont équidistantes sur des layons équidistants.

D'après Lanly (1966), l'échantillonnage systématique présente les caractéristiques suivantes :

- Facilité accrue et « standardisation » des opérations sur le terrain,
- Meilleure estimation en général des variables,
- Sécurité des estimations : uniformité du dispositif constitue un cadre très étroit dont le prospecteur n'est pas tenté de sortir.
- Enfin et surtout bien que l'on s'attache à la connaissance de ce genre d'inventaire du volume total pour l'ensemble du secteur forestier, un réseau régulier d'unités d'échantillonnage permet une connaissance géographique uniformément répandue sur la surface considérée.

Le sondage systématique présente de nombreux avantages. Il permet de recourir uniformément toute l'étendue du massif par les unités d'échantillonnage et d'épargner une bonne partie de temps de progression sur terrain. Néanmoins, les expériences mathématiques de la solution des problèmes d'échantillonnage impliquent que les composantes sur lesquelles l'erreur d'échantillonnage est fondée soient localisée de façon indépendante et au hasard (Lokombe, 1996).

Le calcul d'erreur d'échantillonnage n'est pas aussi simple que pour l'échantillonnage aléatoire. On peut, à la limite utiliser le même calcul d'erreur que pour l'échantillonnage aléatoire si les unités de sondage sont suffisamment éloignées les unes des autres pour qu'on



puisse les considérer comme étant indépendantes. On suppose que la nature a été aimable pour avoir distribué au hasard à son intention (Whittaker, 1960).

#### **2.2.1.2. Parcelles - échantillons**

Tous les secteurs expérimentaux sont situés dans la région administrative de Yangambi et font partie de la jachère arbustive à *Afzelia* Harms dans un dispositif permanent.

Les parcelles expérimentales d'échantillons qui ont servi à recueillir les différentes données avaient une superficie de 0.25 ha en raison de 50 m x 50 m soit 2500 m<sup>2</sup>. Le nombre des parcelles échantillons dans la jachère arbustive à *Afzelia* Harms pour le dénombrement est de 40 soit 10 ha. Tous les arbres à diamètre à hauteur de poitrine (DHP)  $\geq 5$  cm à 1,30 m ont été dénombrés et mesurés et cela pour chaque parcelle.

#### **2.2.2. Aperçu sur la distribution spatiale des espèces**

##### **2.2.2.1. Distribution statistique et écologique**

Les termes « distribution » et « population » sont utilisés à la fois par les statisticiens et les écologues, mais avec des significations différentes.

Une distribution est :

- En statistique, une distribution de fréquence et,
- En écologie, la répartition d'individus dans l'espace géographique.

Une population est :

- En statistique, l'ensemble des individus étudiés et
- En écologie, l'ensemble des individus appartenant à une espèce et occupant une même fraction de biotope.

##### **A. Distribution statistique.**

Il est important de signaler qu'il y a une distribution de poisson et une distribution binomiale négative (Negativ Binomial Distribution).

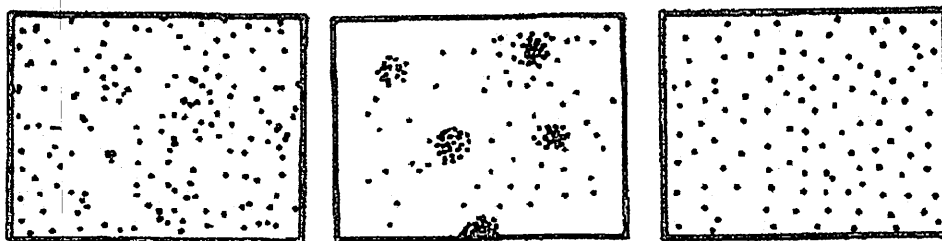
## **B. Distribution écologique**

Selon Rita (2000) et Bogaert (2006), il existe trois types de distributions spatiales d'éléments ponctuels dans un espace géographique en écologie : aléatoire, agrégée et uniforme (régulière). Une question plus simple nous renseigne sur le type de distribution spatiale : étant donné la localisation d'un individu, qu'elle est la probabilité qu'un autre individu se trouve à proximité ?

Trois possibilités existent :

- La première consiste à une répartition hasardeuse d'individus dans une bande donnée. Elle montre une probabilité non affectée se traduisant par une distribution aléatoire d'individus ;
- La deuxième montre une probabilité augmentée d'individus de se trouver à proximité. Les individus ont tendance à se grouper en différentes places ;
- La troisième présente une probabilité réduite d'individus de se retrouver à proximité, la distribution d'individus dans ce cas est uniforme.

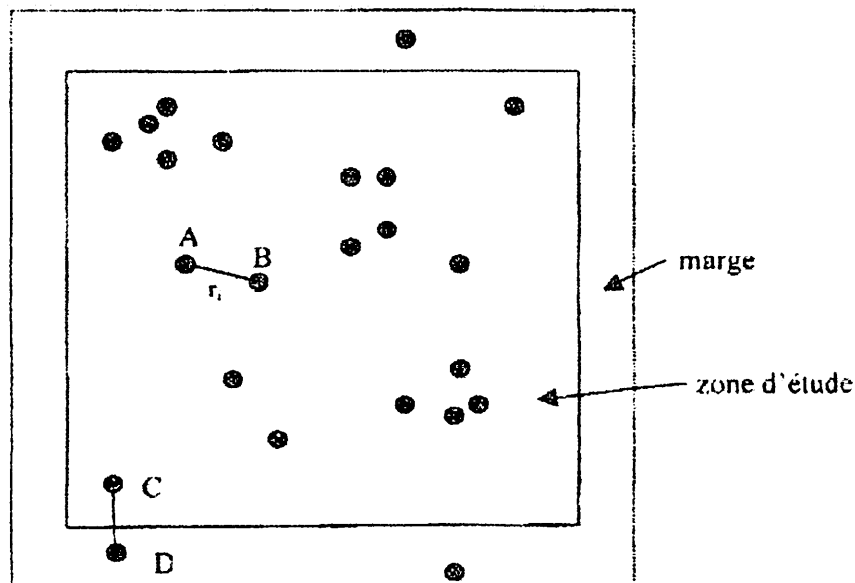
En analysant les structures spatiales et leur dynamique, des déductions utiles au sujet des processus écologiques fondamentaux peuvent être faites, et vice-versa (Bogaert et *al.* 2004 ; Bogaert et Mahamane, 2005). On discerne dans les communautés, trois grands types de configuration : aléatoire, en agrégats (ou en bouquets) et uniforme (ou régulière). La figure ci-dessous présente les trois possibilités de distribution spatiale d'organismes dans une population.



**Figure 2.** Les trois grands types de structure spatiale. Nous avons : (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 (Büttler, 2000).

### 2.2.2.2. « Nearest-Neighbor Method » et l'indice de « Clark and Evans »

Dans certains cas, on possède une carte exacte et complète de la distribution spatiale d'une population, avec les coordonnées (X, Y) pour chaque individu (Figure 3). Une telle carte peut être utilisée pour l'analyse de la distribution spatiale par le calcul d'un indice d'agrégation.



**Figure 3.** 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  $\rho$  de la population est :

$$\rho = \text{densité d'individus} = \frac{\text{Nombre d'individus dans la zone d'étude}}{\text{Surface de la zone d'étude}}$$

Clark et Evans (1954) furent les premiers à proposer une méthode pour l'analyse de la distribution spatiale sur base d'une carte. Comme mesure, ils utilisent la distance  $r_i$  entre un individu et son voisin le plus proche (figure 3 : A  $\longrightarrow$  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 voir des « Nearest-Neighbor distance » 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 ( $n$  inférieur à 100).

$$r_O = \text{distance moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche} = \sum \frac{r_i}{n}$$

On obtient :

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 :

$$r_E = \text{distance attendue jusqu'au voisin le plus proche} = \frac{1}{2} \sqrt{\rho}$$

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

$$R = r_O / r_E = \text{Indice d'agrégation}$$

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 :

$$Z = \frac{r_O - r_E}{S_r}$$

Avec :

- $z$  = déviation standard normale,
- $S_r$  = erreur standard de la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche =  $0,26136 \sqrt{n\rho}$
- $n$  = nombre d'individus dans la zone d'étude ;

- $p$  = 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 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> jusqu'au n<sup>ème</sup> voisin.

### 2.2.2.3. *Saisi et traitement des données*

Les données ont été saisies dans un tableau d'Excel. Quatre fenêtres des données ont ainsi été créées la première cote de données de l'espèce *Afzelia bipindensis*, la deuxième renseigne sur *A. bella*, la troisième sur *A. pachyloba* et la quatrième sur les espèces compagnes des espèces du genre *Afzelia* Harms.

#### 2.2.2.3.1. *Indices de caractérisation botanique*

##### a) *La densité relative*

Les indices ou paramètres suivantes sont utilisés dans l'analyse de la composition botanique du peuplement étudié (Reitsma, 1988 ; Lejoly, 1983 ; Doucet, 2003 ; Gillet et al. 2003 ab et Boyemba, 2006).

$$\text{La densité relative : } Dr = \frac{\text{Nombre d'individus d'une famille ou espèce}}{\text{Nombre total d'individus présents dans l'échantillon}} \times 100$$

##### b) *La surface terrière*

La surface terrière d'un arbre est la superficie occupée par le tronc, mesuré sur l'écorce à 1,30 m du sol. Elle s'exprime en m<sup>2</sup>/ha. La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus de cette espèce et ramener les résultats de l'unité de surface à l'hectare.

La surface terrière totale correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus présents sur la surface inventoriée. Elle se calcule à partir de la formule suivante :

$$\text{Surface terrière} = N \times \pi \times D^2 / 4$$

Où  $D = D_{1.30}$  moyen,  $N$  = nombre de troncs (nombre total de troncs par ha) et  $\pi = 3,14$

#### **2.2.2.3.2. Analyse de la distribution spatiale**

La répartition spatiale de chaque espèce du genre *Afzelia* à l'occurrence *A. bipindensis*, *A. bella* et *A. pachyloba* a été analysée à l'aide de l'indice de Clark and Evans (1954).

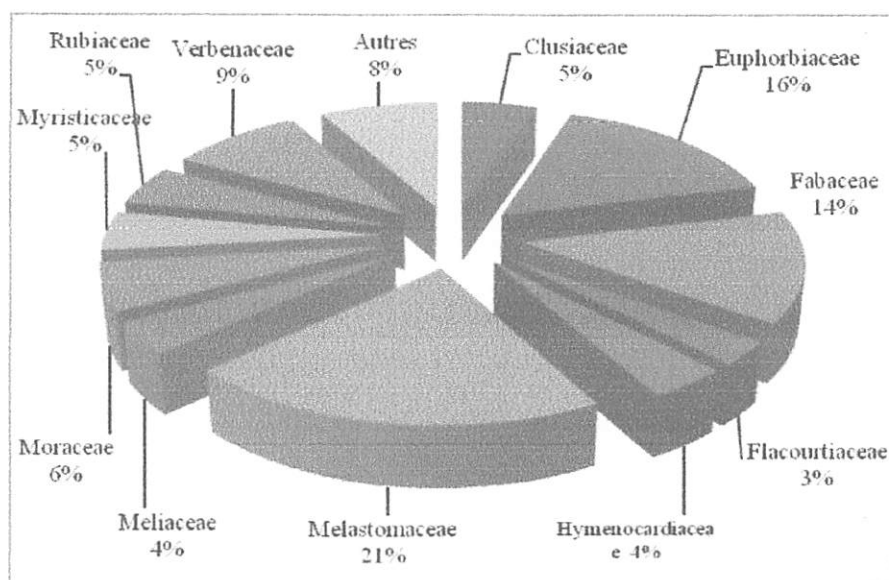
## Chapitre troisième : Résultats

### III.1. La composition floristique

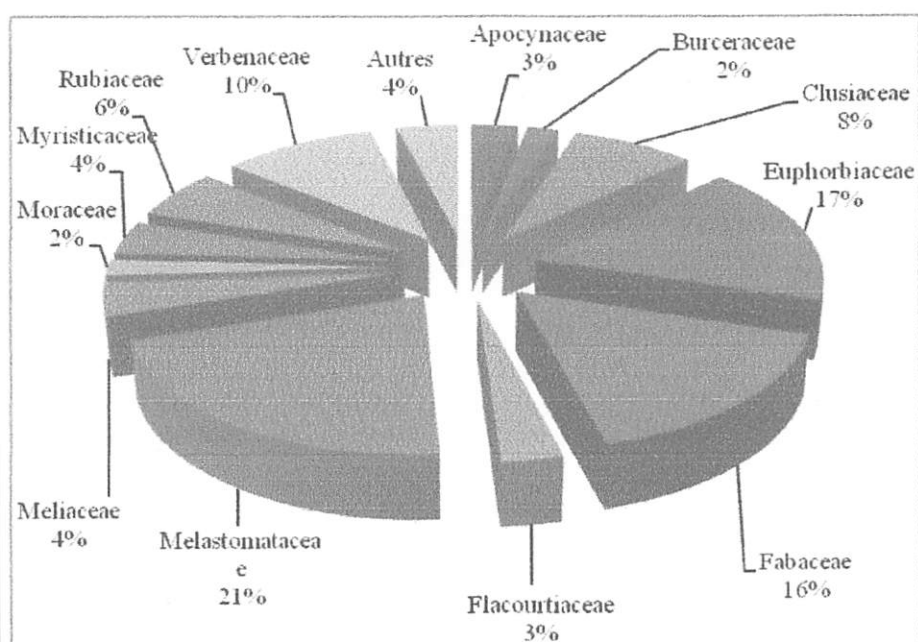
#### III.1.1. Densité relative

Dans les quarante parcelles, nous avons recensé au moins 307 espèces d'arbres dont 20 familles, celles qui portent le nombre minimum d'espèces que nous avons rencontrées dans le dispositif permanent dans la réserve de biosphère de Yangambi. Parmi les espèces les plus fréquentes du peuplement dominant, citons *Klainedoxa gabonensis* Pierre ; *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben ; *Belucia pentamera* Seem ; *Trichilia monadelpha* (Thonn.) J.J De Wild. ; *Musanga cecropioides* R. Br. ; *Treculia africana* Decne ; *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Exell ; *Maesopsis eminii* Engl. ; *Morinda lucida* Benth. ; *Nauclea diderrichii* (De Wild.) Merrill ; *Blighia welwitschii* (Hiern) Radlk. ; *Celtis tessmanii* Rendle ; *Vitex congolensis* De Wild. & Th.Dur ; et pour le peuplement total : *Voacanga chalitiana* Pierre ex Stapt ; *Canarium schweinfurthii* Engl ; *Harungana madagascariensis* Lam.ex Poir ; *Hymenocardia ulmoides* Oliv. ; *Macaranga monandra* Mull ; *Macaranga spinosa* Mull .Arg. ; *Albizia andianthifolia* (Schumanch.) W.f ; *Albizia ferruginea* (Guill.&Perr.) Benth ; *Anthonothea macrophylla* P.Beauv. ; *Paramacrolobium coeruleum* (Taub.) J. Léonard ; *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f) Brenen ; *Barteria nigritana* Hook.f. ; *Homalium longistylum* Mast. (plus *H. laurentii*) ; *Carapa procera* DC. ; *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Exell ; *Maesopsis eminii* Engl. ; *Morinda lucida* Benth. ; *Nauclea diderrichii* (De Wild.) Merrill ; *Vitex congolensis* De Wild. & Th.Dur.

En termes de composition floristique et de biodiversité, nos résultats convergent avec ceux de Solia (2007). Les figures 4 et 5 décrivent la composition du peuplement total et du peuplement dominant au niveau des familles. Dans ces graphiques, nous utilisons la définition de Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) :



**Figure 4.** Comparaison de la densité relative des familles dans les quadrats « centrés doussie » et « aléatoires » (40 m de côté, soit 0,16 ha x 20 quadrats = 3,2 ha ;  $Di = Ni/Nt$ ).



**Figure 5.** Densité relative des familles dans le peuplement total (diamètre supérieur ou égal à 10 cm).  $Nt = 212$  arbres ;  $Di = Ni/Nt$ .

La densité du peuplement total (diamètre supérieur ou égal à 5 cm) s'élève à 31 tiges / ha. et celle du peuplement d'avenir (diamètre supérieur ou égal à 10 cm) à 21 tiges/ha.



### III.1.2. Surface terrière

Selon Boudru (1989), la surface terrière est une mesure pratique qui donne des indicateurs sur la quantité de matière ligneuse réellement disponible dans la partie inventoriée. Dans le tableau 1 ci-dessous est consigné la surface terrière la jachère arbustive enrichie de *Afzelia*.

**Tableau 1.** Surface terrière par classe de DHP dans la jachère arbustive.

Classe DHP	FO	ST (m <sup>2</sup> )/ha
5 - 10	229	0,158881
10 - 15	75	0,113136
15 - 20	3	0,9411875
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>1,2132</b>

La surface terrière s'élève à 1,2132 m<sup>2</sup>/ha. La classe de 15 à 20 donne une surface terrière la plus élevée et représente à elle seule 77,58 %.

### III.2. Analyse de la distribution spatiale

#### III.2.1. Distribution des fréquences des tiges par parcelle

Les mesures de DHP étaient faites sur une surface de 10 ha subdivisée en 40 placeaux ou parcelles échantillons de 50 m x 50 m. Tous les individus à DHP supérieur ou égal à 5 cm étaient inventoriés et une étiquette portant un numéro leur était attribué. Pendant les inventaires, trois espèces d'*Afzelia* se sont montrées présentes par rapport aux autres espèces d'*Afzelia* Harms avec un nombre élevé d'individus. Il s'agit des espèces : *A. bipindensis* ; *A. bella* et *A. pachyloba*. D'autres espèces étaient aussi présentes dans les 40 parcelles, cependant, elles y sont reprises dans le point (III.1 au Chapitre 3). Néanmoins, nous nous sommes intéressés aux trois espèces d'*Afzelia* retrouvées dans notre zone d'étude pour la mesure de la répartition spatiale.

Au total 292 individus ont été dénombrés dans les quarante parcelles, soit 10 ha de dispositif permanent et réparties en trois espèces confèrent le tableau ci-dessous et la figure 5 montre respectivement la répartition horizontale.

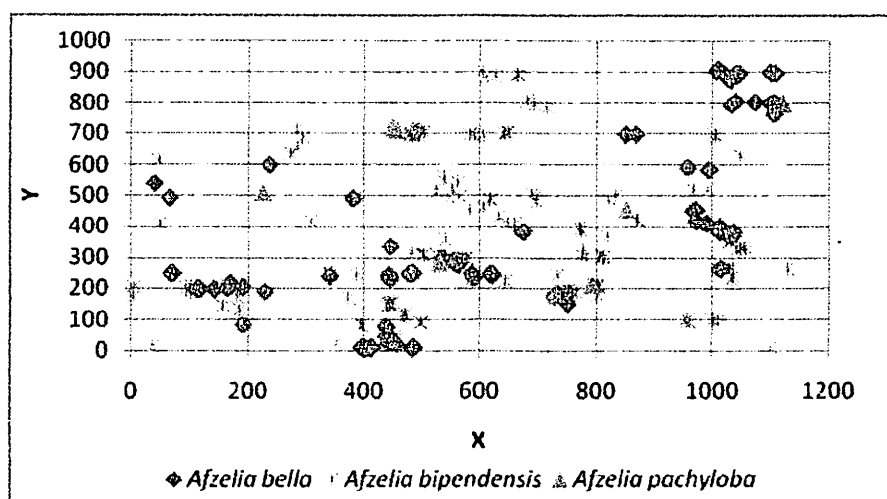


Le tableau 2 donne le dénombrement, la moyenne, l'Ecartype et le coefficient de variation des trois espèces du genre *Afzella* par parcelle dans le dispositif permanent dans la réserve de biosphère à Yangambi.

**Tableau 2.** Distribution des fréquences des tiges par parcelle dans les 10 ha du dispositif permanent.

N° parcelle	<i>Afzella bipindensis</i>	<i>Afzella bella</i>	<i>Afzella pachyloba</i>
1	4	4	0
2	3	3	0
3	5	5	0
4	3	2	1
5	4	4	0
6	4	0	0
7	3	3	0
8	5	3	0
9	3	3	0
10	4	4	0
11	5	2	0
12	4	4	2
13	6	0	0
14	5	5	0
15	3	3	0
16	4	4	0
17	7	0	1
18	3	3	0
19	5	5	0
20	4	4	0
21	3	3	0
22	4	4	0
23	5	3	1
24	4	2	0
25	5	4	0
26	5	0	0
27	3	3	0
28	5	2	1
29	4	4	0
30	0	0	0
31	5	5	0
32	5	5	0
33	3	3	1
34	6	6	0
35	4	4	0
36	5	2	0
37	0	0	0
38	4	4	1
39	7	0	0
40	6	2	0
<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>117</b>	<b>8</b>
<b>Moyenne</b>	<b>4,18</b>	<b>2,93</b>	<b>0,2</b>
<b>Ecartype</b>	<b>1,45</b>	<b>1,67</b>	<b>0,46</b>
<b>C.V %</b>	<b>34,68</b>	<b>56,99</b>	<b>230</b>

L'analyse du tableau 2 fait ressortir une supériorité numérique d'*Afzelia bipindensis* (167 individus), *Afzelia bella* (117 individus) et *Afzelia pachyloba* (8 individus). Ce dénombrement des espèces se reparti de la manière suivante dans le dispositif permanent en suivant une distribution horizontale. La figure ci-dessous présente cette distribution horizontale.



**Figure 6.** Répartition horizontale des pieds des espèces du genre *Afzelia* dans le dispositif permanent à Yangambi.

### III.2.3. « Nearest-Neighbor Method » et l'indice de « Clark et Evans »

Pour mesurer celle-ci, certaines coordonnées doivent être connues, notamment :

- la surface de la zone d'étude;
- le nombre d'individus dans la zone d'étude pour les trois espèces trouvées, ceux-ci permettent de calculer la densité d'individus pour chaque espèce;
- la distance ( $r_i$ ) entre un individu et son voisin le plus proche de la même espèce, cette mesure doit être prise pour tous les individus.

Connaissant les distances ( $r_i$ ) entre les différents individus et leurs voisins proches, le nombre ( $n$ ) total d'individus dans la surface d'étude pour chaque espèce, la distribution spatiale était facilement calculé par les différences formules mises au point par Clark et Evans (1954).

L'annexe 2 donne la liste des espèces du genre *Afzelia* mesurées, les numéros de leurs parcelles respectives ainsi que les distances mesurées ( $r_i$ ) en mètre.

Pour y parvenir, les opérations ci-après étaient scrupuleusement suivies pour chacune de trois espèces du genre *Afzelia* retrouvées dans le site de Yangambi (milieu anthropisé).

### 1. *Afzelia bipindensis*

En considérant :  $n = 167$  individus

$$\sum r_i = 323,6$$

$$\text{Superficie d'étude} = 10 \text{ ha, soit } 100000 \text{ m}^2$$

$$\text{La densité d'individus} = \frac{\text{Nombre d'individus dans la zone d'étude}}{\text{Surface de la zone d'étude}} \times 100$$

$$\text{Alors } \rho = 167 \text{ individus} / 100.000 \text{ m}^2 = 0,00167 \text{ individus} / \text{m}^2$$

La densité moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche :

$$r_o = \sum r_i / n_o = 323,6 / 80 = 4,045 \text{ m}$$

La distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $r_E$ ) peut être calculée en utilisant la valeur de la densité d'individus ( $\rho$ ).

$$\text{Alors ; } r_E = 1 / 2 \sqrt{\rho} = 1 / 2 \sqrt{0,00167} = 12,19 \text{ m}$$

L'indice d'aggrégation est obtenue par la formule :  $R = \frac{r_o}{r_E}$

$$R = \frac{4,045}{12,2} = 0,33$$

D'après Clark et Evans (1954), après le calcul, si on constate que la valeur de  $R$  est égale à 1, la distribution spatiale est aléatoire. Mais, si elle s'approche de zéro, la distribution est agrégée.

Pour une distribution uniforme,  $R$  s'approche d'une limite supérieure d'environ 2,15. Comme la valeur de  $R$ , pour notre cas est de 0,33 (donc proche de 0) nous pouvons conclure que dans notre zone d'étude, la distribution spatiale de l'espèce *Afzelia bipindensis* est plutôt agrégée.

Néanmoins, pour être sûr de la réponse, nous devons appliquer un test simple d'éloignement de la distribution spatiale agrégée qui se fait par la formule suivante :

$$Z = \frac{r_o - r_E}{S_r}$$

Avec :

- $Z$  = déviation standard normale,
- $S_r$  = erreur standard de la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche =  $0,26136\sqrt{np}$  ;
- $n$  = nombre d'individus dans la zone d'étude;
- $p$  = densité d'individus dans la zone d'étude.

La réponse obtenue en faisant le calcul est :

Connaissant que  $\sqrt{np} = \sqrt{167 \times 0,00167} = 0,53$

Donc  $Z = 4,045 - 12,19 / 0,26136 / 0,53 = - 8,145 / 0,493 = - 16,52$

Selon Clark et Evans, pour que la différence soit significative, la valeur de  $Z$  trouvée doit être comprise entre 1,96 et 2,58.

Ces valeurs peuvent être aussi appelées « Limite de confiance ou encore niveau ou seuil de signification ». Comme  $Z$  est - 16,52 est inférieur à 1,96, nous pouvons dire qu'il n'y a pas une déviation de la distribution agrégée au seuil de signification  $\alpha = 0,01$  et la valeur tend vers une distribution agrégée.

## 2. *Afzelia bella*

En considérant :  $n = 117$  individus

$$\sum r_i = 297,92$$

Superficie d'étude = 10 ha, soit 100000 m<sup>2</sup>

La densité d'individus =  $\frac{\text{Nombre d'individus dans la zone d'étude}}{\text{Surface de la zone d'étude}} \times 100$

Alors  $p = 117 \text{ individus} / 100.000 \text{ m}^2 = 0,00117 \text{ individus} / \text{m}^2$

La densité moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche :

$$r_o = \sum r_i / n_o = 297,92 / 70 = 4,256 \text{ m}$$

La distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $r_E$ ) peut être calculée en utilisant la valeur de la densité d'individus ( $\rho$ ).

Alors ;  $r_E = 1/2 \sqrt{\rho} = 1/2 \sqrt{0,00117} = 14,70 \text{ m}$

L'indice d'aggrégation est obtenue par la formule :  $R = \frac{r_o}{r_E}$

$$R = \frac{4,256}{14,70} = 0,29$$

D'après Clark et Evans (1954), après le calcul, si on constate que la valeur de R est égale à 1, la distribution spatiale est aléatoire. Mais, si elle s'approche de zéro, la distribution est agrégée.

Pour une distribution uniforme, R s'approche d'une limite supérieure d'environ 2,15. Comme la valeur de R, pour notre cas est de 0,29 (donc proche de 0) nous pouvons conclure que dans notre zone d'étude, la distribution spatiale de l'espèce *Afzelia bella* est plutôt agrégée.

Néanmoins, pour être sûr de la réponse, nous devons appliquer un test simple d'éloignement de la distribution spatiale agrégée qui se fait par la formule suivante :

$$Z = \frac{r_o - r_E}{S_r}$$

Avec :

- Z = déviation standard normale,
- $S_r$  = erreur standard de la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche =  $0,26136 \sqrt{n\rho}$
- n = nombre d'individus dans la zone d'étude ;
- $\rho$  = densité d'individus dans la zone d'étude.

La réponse obtenue en faisant le calcul est :

Connaissant que  $\sqrt{n\rho} = \sqrt{167 \times 0,00167} = 0,37$

Donc  $Z = 4,256 - 14,70 / 0,26136 / 0,37 = - 10,44 / 0,71 = - 14,78$

Selon Clark et Evans, pour que la différence soit significative, la valeur de Z trouvée doit être comprise entre 1,96 et 2,58.

Ces valeurs peuvent être aussi appelées « Limite de confiance ou encore niveau ou seuil de signification ». Comme Z est - 14,78 est inférieur à 1,96, nous pouvons dire qu'il n'y a pas

une déviation de la distribution agrégée au seuil de signification  $\alpha = 0,01$  et la valeur tend vers une distribution agrégée.

### 3. *Afzelia pachyloba*

En considérant :  $n = 08$  individus

$$\sum r_i = 45,0$$

$$\text{Superficie d'étude} = 10 \text{ ha, soit } 100000 \text{ m}^2$$

$$\text{La densité d'individus} = \frac{\text{Nombre d'individus dans la zone d'étude}}{\text{Surface de la zone d'étude}} \times 100$$

$$\text{Alors } p = 8 \text{ individus} / 100.000 \text{ m}^2 = 0,00008 \text{ individus} / \text{m}^2$$

La densité moyenne observée jusqu'au voisin le plus proche :

$$r_o = \sum r_i / n_o = 45,0 / 1 = 45,0 \text{ m}$$

La distance attendue jusqu'au voisin le plus proche ( $r_E$ ) peut être calculée en utilisant la valeur de la densité d'individus ( $p$ ).

$$\text{Alors ; } r_E = 1/2 \sqrt{p} = 1/2 \sqrt{0,00008} = 56,18 \text{ m}$$

L'indice d'agrégation est obtenue par la formule :  $R = \frac{r_o}{r_E}$

$$R = \frac{45,0}{56,18} = 0,8$$

D'après Clark et Evans (1954), après le calcul, si on constate que la valeur de  $R$  est égale à 1, la distribution spatiale est aléatoire. Mais, si elle s'approche de zéro, la distribution est agrégée.

Pour une distribution uniforme,  $R$  s'approche d'une limite supérieure d'environ 2,15. Comme la valeur de  $R$ , pour notre cas est de 0,8 (donc proche de 1) nous pouvons conclure que dans notre zone d'étude, la distribution spatiale de l'espèce *Afzelia pachyloba* est plutôt aléatoire.

Néanmoins, pour être sûr de la réponse, nous devons appliquer un test simple d'éloignement de la distribution spatiale agrégée qui se fait par la formule suivante :

$$Z = \frac{r_o - r_E}{S_r}$$

Avec :

- Z = déviation standard normale,
- $S_r$  = erreur standard de la distance attendue jusqu'au voisin le plus proche =  $0,26136\sqrt{n\rho}$  ;
- n = nombre d'individus dans la zone d'étude ;
- $\rho$  = densité d'individus dans la zone d'étude.

La réponse obtenue en faisant le calcul est :

Connaissant que  $\sqrt{n\rho} = \sqrt{8 \times 0,00008} = 0,00064$

Donc  $Z = 45,0 - 56,18 / 0,26136 / 0,00064 = - 11,18 / 408,375 = - 0,027$

Selon Clark et Evans, pour que la différence soit significative, la valeur de Z trouvée doit être comprise entre 1,96 et 2,58. Ces valeurs peuvent être aussi appelées « Limite de confiance ou encore niveau ou seuil de signification ». Comme Z est - 0,027 est inférieur à 1,96, nous pouvons dire qu'il n'y a pas une déviation de la distribution aléatoire au seuil de signification  $\alpha = 0,01$  et la valeur tend vers une distribution aléatoire.



## Chapitre quatrième : Discussion

### IV.1. La composition floristique

#### IV.1.1. Densité

Le tableau ci-dessous donne une comparaison de la densité dans la jachère arbustive enrichie de *Azelia* bien qu'avec un DHP  $\geq 5$  cm à celle d'autres types de forêts ombrophiles de la RD. Congo et d'Afrique.

**Tableau 3.** Comparaison des effectifs d'arbres à DHP  $\geq 10$  cm dans différents sites ombrophiles.

Type de forêt	Localisation	Nbre d'ind à DHP $\geq$ 10 cm	Références
<b>R.D.Congo</b>			
jachère arbustive enrichie à <i>Azelia</i>	Camps Lusambila	31	Présent travail
Forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Loweo	387	Assumani, 2006
Forêt à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Lenda	219	Ewango, 1994
Forêt à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Masako	402	Makana, 1986
Réserve forestière	Babagulu	274	Muhawa, 1996
Forêt primaire et secondaire	Masako	264	Mabay, 1994
Forêt mixte	Epulu	433	Ndjangou, 1994
Forêt à <i>Brachystegia laurentii</i>	Yoko	219	Umunay, 2004
<b>Gabon</b>			
Forêt mixte	Oveng	497	Reistma, 1988
Forêt mixte	Doussala	435	Reistma, 1988
Forêt mixte	Lopé	396	Reistma, 1988
Forêt mixte	Ekobakoba	438	Reistma, 1988

Le présent travail dans la jachère arbustive enrichie de *Azelia* de Loweo a un nombre de tiges à l'hectare inférieur aux résultats trouvés par Assumani (2006) dans la réserve de Loweo et les autres chercheurs d'ailleurs. Cette supériorité se justifie par l'action anthropique sur la jachère de la réserve de Loweo entraînant une baisse de densité des arbres.

Néanmoins, la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* de Loweo a un nombre de tiges à l'hectare élevé par rapport à la forêt à *Brachystegia laurentii* de la réserve de Yoko, à la réserve de Babagulu, à la forêt secondaire et primaire de Masako. Elle a une densité inférieure à la forêt

mixte de la RFO, à la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* de Lenda, ainsi qu'à la forêt mixte de Gabon.

#### IV.1.2. Surface terrière

La surface terrière est un paramètre couramment utilisé pour la distribution des formations végétales de terre ferme (Malaisse, 1984). Le tableau ci-dessous compare la surface terrière sous jachère arbustive enrichie de *Afzelia* à celle des différents sites de forêts ombrophiles.

**Tableau 4.** Comparaison de surface terrière avec celle des autres forêts étudiées.

Type de forêt	Localisation	ST (m <sup>2</sup> )	Références
<b>RD. Congo</b>			
jachère arbustive enrichi à <i>Afzelia</i>	Camps Lusambila	1,21	Présent travail
Forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Loweo	32,03	Solia, 2007
Forêt à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Lenda	35,69	Ewango, 1994
Réserve forestière	Babagulu	26,31	Muhawa, 1996
Forêt primaire et secondaire	Masako	25,3	Mabay, 1994
Forêt mixte	Île Mbiye	16,75	Nshimba, 2005
Forêt mixte	Epulu	24,2	Ndjangou, 1994
Forêt à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Uelé	29,88	Gerard, 1968
Forêt à <i>Brachystegia laurentii</i>	Yangambi	36	Germain et Evrard, 1956
Forêt mixte	RDC	30	Hart, 1985
<b>Gabon</b>			
Forêt mixte	Oveng	36,4	Reistma, 1988
Forêt mixte	Doussala	35,7	Reistma, 1988
Forêt mixte	Lopé	35,8	Reistma, 1988
Forêt mixte	Ekobakoba	42,8	Reistma, 1988

La surface terrière dans la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* s'élève à 1,21 m<sup>2</sup>/ha. Ce résultat très inférieur et ne s'inscrit pas dans l'intervalle de 30 à 50 m<sup>2</sup>/ha pour une forêt dense ombrophiles stable (Louis, 1947). Germain et Evrard, 1956 et Solia, 2007 ont trouvé une surface terrière respectivement de 36 m<sup>2</sup>/ha et 32,03 m<sup>2</sup>/ha ; cette supériorité se justifie par l'action anthropique sous la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* entraînant une baisse de surface terrière.

direction d'une répartition agrégée et une déviation standard au niveau de signification  $\alpha = 0,01$  dans la direction d'une agrégation pour *Afzelia pachyloba*.

A notre avis, la diversité des répartitions spatiales peut s'expliquer de la manière suivante :

- selon le centre de dispersion des espèces, nous constatons que les espèces provenant d'un même centre s'installent dans le nouveau biotope en formant une agrégation ;
- quant les conditions écologiques sont hétérogènes telles que les confirment les coefficients de variation, les individus appartenant à une même famille ou espèce ont tendance à s'entasser là où elles trouvent les conditions optimales pour leur croissance en y développant une agrégation. D'où l'intérêt des analyses physico-chimiques sous les trois espèces du genre *Afzelia* dans le dispositif permanent qui se trouve sous la série Yakonde à Yangambi ;
- dans les conditions homogènes, elles s'installent délibérément en formant soit une répartition uniforme, soit aléatoire. Or, dans les tropiques humides, la répartition uniforme est surtout destinée dans le cas des plantations des arbres parce que l'effet anthropique est intervenu ;
- l'échelle de la zone d'étude peut aussi influencer la répartition spatiale des espèces, telle est le cas de notre zone d'étude ou dispositif permanent. Une espèce peut avoir une distribution agrégée sur une étude à grande échelle, alors qu'en diminuant la zone d'étude, la répartition change. Cette théorie est confirmée par la façon que la carte de végétation de Yangambi a été établie par Van Wambeke & Evrard (1957). Nous constatons qu'il ya divers types des forêts, telles que la forêt à *Scorodophloeus zenkeri*, la forêt à *Cynometra hankei* et forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*, etc. Il ressort dans cette carte de végétation que chaque espèce dominante occupe une portion bien déterminée, donc il y a une formation des bouquets ou des agrégats ;
- enfin, l'âge de la forêt étudié. Il est aussi possible qu'une forêt montre une répartition intermédiaire, si elle est encore en pleine croissance et au stade ultime ou climax, elle montre une vraie répartition, car à cet âge, beaucoup d'arbres ont déjà atteint leur développement maximum pour être compté. En réalité, la plupart des forêts dans les tropiques humides ont atteint un niveau climacique. Cela reflète le comportement des sols tropiques qui ont déjà atteint un stade ultime de développement (Van Wambeke, 1995 et Duchauffour, 2001).

## IV.2. Distribution spatiale

Les valeurs de l'indice d'agrégation (R) pour la répartition spatiale des espèces *Afzelia bipindensis* et *Afzelia bella* étaient toutes voisines de 0, ce qui témoigne une répartition spatiale agrégée, tandis qu'*Afzelia pachyloba* était voisine de 1, ce qui témoigne une répartition spatiale aléatoire. Le tableau 5 illustre les comparaisons de distribution spatiale des espèces de la R.D.Congo avec celles d'ailleurs en Afrique.

**Tableau 5. Comparaison de distribution spatiale des espèces de la RD Congo avec celles d'ailleurs en Afrique.**

N°	Espèces	Forêt et site	Type des distributions	Tendance ou direction	Source
<b>R D. Congo</b>					
1	<i>A. bipindensis</i>	Jachère herbeuse	agrégée	-	Présent travail
2	<i>A. bella</i>	Jachère herbeuse	agrégée	-	Présent travail
3	<i>A. pachyloba</i>	Jachère herbeuse	aléatoire	-	Présent travail
4	<i>Sc. zenkeri</i>	Forêt à Sc. de Yangambi	aléatoire	uniforme	Solia (2007)
5	<i>O. gambecola</i>	Forêt à Sc. de Yangambi	aléatoire	uniforme	Solia (2007)
6	<i>St. Gabonensis</i>	Forêt à Sc. de Yangambi	aléatoire	uniforme	Solia (2007)
7	<i>C. bostryoides</i>	Forêt inondée île Mbiye/Kis	aléatoire	uniforme	Nshimba (2005)
8	<i>G. dewevrei</i>	Forêt inondée île Mbiye/Kis	aléatoire	agrégée	Nshimba (2005)
<b>Gabon</b>					
9	<i>Celtis milbraedi</i>	Forêt mixte site d'Oveng	aléatoire	-	Reitsma (1988)
10	<i>Santaria trimea</i>	Forêt mixte site d'Oveng	aléatoire	-	Reitsma (1988)
11	<i>Syn. subcordatum</i>	Forêt mixte site d'Oveng	aléatoire	-	Reitsma (1988)
12	<i>D. pachyphyllum</i> <i>Dich.</i>	Forêt mixte site d'Oveng	agrégée	-	Reitsma (1988)
13	<i>Glaucescens</i>	Forêt mixte site d'Oveng	agrégée	-	Reitsma (1988)

Cette distribution spatiale des espèces du genre *Afzelia* Harms dans le dispositif permanent ressemble à celle des espèces de la forêt du Gabon et celles des autres sites en République Démocratique du Congo, c'est-à-dire tous les arbres ont une distribution aléatoire (Reitsma, 1988, Nshimba, 2005 et Solia, 2007).

Néanmoins, pour notre étude, la vérification de la déviation standard n'a pas confirmée la situation dans le dispositif permanent et a donnée des valeurs inférieures, au niveau de signification énoncé par Clark et Evans (1954).

Les valeurs de Z obtenues ont montré une déviation standard au niveau de signification  $\alpha = 0,01$  (donc inférieure à 1,96 et 2,58) pour *Afzelia bipindensis* et *Afzelia bella* dans une

## ***Conclusion et suggestion***

Notre travail avait pour objectif inventorier toutes les espèces d'arbres de diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égale à 5 cm, connaître la distribution spatiale de trois espèces du genre *Afzelia* dans le dispositif permanent dans la jachère arbustive à Yangambi ;

Un inventaire systématique a été utilisé pour le dénombrement de tiges de toutes les espèces. La méthode « Nearest Neighbor Method » et l'indice de Clark et Evans a été utilisé pour l'analyse de la distribution spatiale des espèces. Nous avons réalisé l'étude sur 40 parcelles échantillons de 50 x 50 m soit un total de dix hectares.

Les résultats obtenus montrent après analyse que :

Le présent travail dans la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* de Loweo a un nombre de tiges à l'hectare inférieur aux résultats trouvés par Assumani (2006) dans la réserve de Loweo et les autres chercheurs d'ailleurs. Cette supériorité se justifie par l'action anthropique sur la réserve de Loweo entraînant une baisse de densité des arbres.

La surface terrière dans la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* s'élève à 1,21 m<sup>2</sup>/ha. Ce résultat très inférieur et ne s'inscrit pas dans l'intervalle de 30 à 50 m<sup>2</sup>/ha pour une forêt dense ombrophiles stable (Louis et Fouarge, 1949). Germain et Evrard, 1956 et Solia, 2007 ont trouvé une surface terrière de 36 m<sup>2</sup>/ha et 32,03 m<sup>2</sup>/ha ; cette supériorité se justifie par l'action anthropique sous la jachère arbustive enrichie de *Afzelia* entraînant une baisse de surface terrière.

La distribution spatiale de trois espèces du genre *Afzelia* Harms à l'occurrence *A. bipindensis* et *A. bella* est agrégée, tandis que *A. pachyloba* a une distribution aléatoire. Les graines de ces espèces étant des types barochores et les poids des graines contribuent à la colonisation de ce dispositif permanent à ces espèces du genre *Afzelia*. Les espèces étant dans la même série de sol (Yakonde), on peut avoir une installation délibérée en répartition dite agrégée. Ces conclusions approchent celles de Nshimba (2005) pour *Coelocarion botryoides* et *Gilbertiodendron dewevrei* et Solia (2007) pour *Scorodophloeus zenkeri*, *Olex gambecola* et *Staudtia gabonensis*.

La méthode utilise la distance  $r_i$  entre un individu et son voisin le plus proche. La méthode ne privilégie pas la distance entre les jeunes tiges et l'arbre mère ou pied mère ou la distance entre deux pied-mères.

La distribution des arbres en forêt peut être influencée par beaucoup de facteurs à savoir : étendue de la parcelle d'étude, la lumière, mode de dissémination, présence de semenciers, compétition, âge de la forêt, caractéristiques du peuplement et du sol (fertilité,...), le caractère phénologique des espèces, etc.

Eu égard à ce qui précède, la présente étude met en évidence l'analyse de la distribution spatiale sous les espèces du genre *Afzelia* dans la jachère arbustive à Yangambi. Néanmoins, il nous est difficile, à l'heure actuelle, de tirer des conclusions avec grande précision pour autant que l'équilibre naturel dépend de beaucoup de facteurs et ne peut être dégagé qu'après une étude échelonnée dans le temps.

De nombreux aspects peuvent contribuer à la gestion durable d'une espèce végétale. Ainsi, nous pensons que les études de croissance pondérale et en hauteur, de fructification, de maturation des graines, de germination (levée), de dissémination des graines, et surtout que l'étude écologique doit toujours être accompagné par l'analyse du sol pour expliquer la cause de la répartition spatiale des espèces tant à Yangambi que dans d'autres milieux et types forestiers pourront compléter le présent travail pour avoir des conclusions générales. Aussi, que des études se poursuivent pour connaître en définitive la répartition spatiale de *Afzelia pachyloba* en élargissant la superficie d'étude.

Nous suggérons que les recherches en ce domaine puissent continuer afin d'élucider davantage la tendance observée pour avoir des éléments pouvant permettre de dégager la base d'une étude vraiment écologique et en outre un reboisement soit effectué dans cette jachère pour maintenir ces espèces du genre *Afzelia* qui est toujours rare dans le tropique humide.

## **Références bibliographiques**

- African Regional Workshop 1996.** *Conservation and Sustainable Management of Trees* project workshop held in Harare, Zimbabwe, July, 1996.
- Alongo L. 2007.** Etude de l'effet de lisière sur l'humidité équivalente et température du sol d'un écosystème forestier de la cuvette centrale congolaise. (Cas de la réserve forestière « Jardin systématique de l'INERA à YANGAMBI »). Mémoire du DEA, inédit, Unikis, 67 p.
- Anonyme 2010.** Recensement de la population de Yangambi. Bureau de cité de Yangambi, 16 p.
- Aubreville A. 1968.** Flore du Gabon, Légumineuses-Caesalpinioïdées. Muséum National d'histoire naturelle, laboratoire de phanérogamie, n° 9, p 99.
- Aubreville A. 1970.** Flore du Cameroun. Légumineuses-Caesalpinioïdées. Muséum National d'histoire naturelle, laboratoire de phanérogamie, n° 15, p 111.
- Assumani, A., 2006.** Contribution à l'étude structurale de la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* Harms dans la réserve floristique de Loweo à Yangambi, RD. Congo, 72p.
- Bahuchet S & Joiris V. 1993.** Afrique équatoriale. In : Bahuchet S & de Maret P. (eds). Situation des populations indigènes des forêts denses humides. Rapport UE. DG XI, CNRS/ULB, 389-448.
- Besag J. and Gleaves J.T. 1973.** On the detection of spatial pattern in plant communities. Bulletin of the international statistical institute 45: 153-158.
- Bogaert J. & Mahamane A. 2005.** Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin, Bénin.
- Bogaert J. 2006.** Ecologie du paysage. Analyse de la structure spatial des données ponctuelles. Cours DEA/Unikis Biologie-Agronomie, 40 p.
- Bogaert J., Ceulemans R. & Eysenrode D. S. 2004.** Decision Tree Algorithm for Detection pf Spatial Processes in Landscape Transformation. Environmental Management 33 (1) : 62-73.
- Boudrou, M., 1989.** Forêt et sylviculture. Traitements des forêts. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 356 p.
- Boyemba B. 2006.** Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC). Mémoire de DEA en Sciences biologiques, 100 p (+ annexes 7).

- Bultot F. 1972.** Atlas climatique du bassin congolais. IIIe partie: température et humidité de l'air, rosée, température du sol. Bruxelles: Publ. INEAC., hors sér., 278 cartes, 7 figures et 8 tableaux.
- Bultot F. 1977.** Atlas climatique du bassin zaïrois. IVe: pression atmosphérique, vent en surface et en altitude, température et humidité de l'air en altitude, nébulosité et visibilité, classification climatique, propriétés chimiques de l'air et des précipitations. Bruxelles: Publ. INEAC., hors sér., 344 cartes, 11 figures et 35 tableaux.
- Büttler R. 2000.** Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement. Laboratoire de gestion des écosystèmes (GECOS), Lausanne, 18 p.
- Clark, P.J and Evans, F.C., 1954.** Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *ECOLOGY* 35: 445 – 453.
- Comite exécutif de la flore du Congo belge et le jardin botanique de l'état 1952.** Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi volume III.
- Crabbe M. 1965.** Ecoclimat de Yangambi office national de recherche de développement (NORD). Kinshasa, 8 p.
- De Henzeillin J. 1952.** Sols paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord du bassin du camp, publ. INEAC. 1968 p.
- De Leenheer L., D'hoore J. et Sys K. 1952.** Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi. Yangambi: Publ. INEAC., série scient. n° 55, 62p.
- Delvingt W. 1996.** La chasse villageoise : Synthèse régionale des études réalisées durant la première chasse du programme ECOFAC au Cameroun, au Congo et en République centrafricaine. Rapport Ecofac, Agreco/cirad-forêt, 73 p.
- Diggle, P.J. 1983.** Statistical Analysis of Spatial Point Patterns. Academic Press, New York. 148 p.
- Doucet J-L., 2003.** L'alliance délicate de la gestion forestière et de biodiversité dans les forêts du centre du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 323p.
- Dupuy B., 1998.** Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide africaine. Montpellier, Cirad-Forêt & Projet Forafri, 328 p., Vol. 4.
- Ewango N., 1994.** Contribution à l'étude d La forêt monodominante de *Gilbertiodendron dewevrei* de la reserve de f une à Okapi, d'Epulu. Fac. Sc, Mémoire inédit, UNIKIS, 66 p.
- FAO, 1992.** Numéro spécial « Développement durable », *unasyva* 169.



- Fortin, M-J, 2002.** Analyse spatiale en écologie : problèmes statistiques et de mise à l'échelle au niveau du paysage. Eco. Sciences 9 :
- Fournier F. & Sasson A., 1983.** Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. OSTROM-UNESCO, Paris, 473 p.
- Gerard R., 1960.** Etude écologique de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uélé. Publ. INEAC, sér, Sc, n° 87, Bruxelles.
- Germain R. et Evrard C., 1956.** Etude écologique et physiologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*. Pub. INEAC, série SC n° 67 Bruxelles, 49 p.
- Gillet J-F., Augiron K., Doucet J-L., Dethier M., Ntchandi Otimbo P-A. et Boubady A-G. 2003b** - Evaluation des zones d'intérêt biologique et délimitation du secteur de conservation : Compagnie des Bois du Gabon (CBG), UFA de Rabi-Mandji. Rapport de mission, Nature plus, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 42p.
- Gillet J-F., Doucet J-L., Ntchandi Otimbo P-A. et Boubady A-G. 2003a** - Evaluation des zones d'intérêt biologique et délimitation du secteur de conservation : Compagnie des Bois du Gabon (CBG), UFA de Mayumba. Rapport de mission, Nature plus, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 50p.
- 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 p.
- Hart, T., 1985.** The ecology of simple species dominant forest and mixed forest in Zaïre, Michigan state University. Thesis of doctorate.
- Iyongo L. 2007.** Etude des effets de lisière sur les rongeurs dans la Réserve Forestière de Masako. Mémoire DEA, ULB, Belgique, 88 p + 24 pages Annexes.
- Karsenty, A., 2006.** Impact des reformes dans le secteur forestier en Afrique centrale. Inexploitation et gestion durable des forêts en Afrique centrale. Edited by R. Nasi, J.C. Nguingiri and D. Ezzine de Blas. L'Harmattan, Paris.
- Kellog A. 1949.** An exploraty study of soil groups in Belgium Congo. Publ. INEAC, série sc. n° 46, 73 p.
- Kombe F.B.M. 2004.** Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux, 421 p.
- Lanly J.P. 1982.** Tropical Forest Resources, FAO, Rome.
- Lebrun J. et Gilbert G. 1954.** Une classification écologique des forêts du Congo. Bruxelles: Publ. INEAC., série scient. n° 63, 89 p.

- Lebrun, J. 1956.** La forêt équatoriale congolaise. Bruxelles: Bull. Agr. Congo belge, XXVII, (2): 163-193.
- Lejoly J. 1993.** Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). Rapport Ecofac, Agreco/Cirad-forêt, 53 p.
- Lokombe, D., 1996.** Etude dendrométrique de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la collectivité de Bengamisa. Mémoire de D.E.S en Agronomie ; I.F.A-Yangambi inédit, 216 p.
- Louis, J., 1947.** Contribution à l'étude des forêts équatoriales Congolaises, C.R., Sém. Agr. de Yangambi. Publ. INEAC, Hors série : 902-924 pp.
- Mabay, K.J., 1994.** Contribution à l'étude des forêts secondaire et primaire de la réserve forestière de Masako (Haut-Zaïre). Mém. Inédit. Fac. Sc. Unikis, 65p.
- Makana, J.C., 1988.** Contribution à l'étude floristique et écologique de *Gilbertiodendron dewevrei* de Masako. Mémoire inédit, Unikis, 65p.
- Malaisse, F., 1984.** Contribution à l'étude de l'écosystème forêt dense sèche (Muhala), 4. Structure d'une dense sèche Zambézienne des environs de Lubumbashi (Zaïre). Bull ; Soc. Roy. Bot. Belg., 117 : 428-458.
- Mambani B. 1987.** Impact du défrichement par brulis sur la dynamique physique d'un ferralsol en zone équatoriale. Ann. Fac. Agron. Yangambi, pp 1- 12.
- Mikombi L. 1974.** Contribution à l'étude de quelques paramètres hydriques d'une forêt de Yangambi. Mémoire inédit, IFA-Yangambi, 54 p.
- Muhawa, H., 1996.** Contribution à l'étude physionomique et structurale de la réserve de Babagulu, Bloc sud route Ituri (Haut-Zaïre), 61p.
- Nshimba S-M. 2005.** Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts inondées de l'île Mbiye à Kisangani. Mémoire DEA à l'ULB, 101p.
- Ndjangou, M., 1994.** Contribution à l'étude structural « la forêt mixte de la réserve de faune à Okapi (Ituri, Haut-Zaïre). Mém. Lic. Inédit, Fac. Sc. Unikis, 49p.
- Pierlot, R., 1966.** Structure et composition des forêts d'Afrique centrale, spécialement celles au Kivu, Ac. Roy. Sc. Outre-mer, Cl. Sc. Nat. Et. Méd., 16 : 363 p.
- Pineau, M. ; 1974.** Cours de dendrométrie II. Faculté d'Agronomie/Yangambi : UNAZA. Campus de Kisangani.
- Reitsma J.M. 1988.** Végétation forestière de Gabon. Technical tropical forest, 64p.
- Rita B. 2000.** Analyse de la distribution spatial d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement. Laboratoire de gestion des ecosystems (GECOS), Lausanne, 18p.

- Sinclair D.F., 1985.** On tests of spatial randomness using mean nearest neighbor distance. *Ecology*, 66: 1084-1085.
- Solia S. 2007.** Contribution à l'application des mesures en carré aux espèces *Scorodophloeus zenkeri*, *Olax gambecola* et *Staudtia gabonensis* la réserve floristique de Loweo : cas de la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* à Yangambi, RD Congo. Mémoire DEA, UNIKIS, 64 p + 7 annexes.
- Sys, C. 1978.** Evaluation of land limitations in humid tropics. *Pédologie*, XXVIII, 3, 307-335.
- Tailfer, Y., 1989.** La forêt dense d'Afrique centrale. Identification des principaux arbres. Tome II. Edit CTA, pp. 699.
- Turnbull, K.J., 1963.** Population dynamic in mixte of forest stands. A system of mathematical models of mixed stand growth and structure. Univ. Washington, Ph. D., 196p.
- Van denput, R. ; 1981.** Les principales cultures en Afrique centrale. Nouvelle édition. Tournai, Bruxelles, 1251 p.
- Van Wambeke A. et Liben L. 1957.** Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 6. Yangambi: planchette 4: Yambaw, A et B. Bruxelles: Publ. INEAC, 28p.
- Wilson, E.C, 1988.** Biodiversity. Cité par Bandy. De. Carrity. D. P et Sanchez. P.A.1993. L'agriculture itinérante : un problème mondial. In: "L'agroforesterie aujourd'hui" Vol 5, n° 3, 2-7 p.
- White F. 1983.** The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT vegetation map of Africa. UNESCO, Paris, France.
- Whittaker R.H., 1960.** Vegetation of the Siskiyou mountains Oregon and California ecological Monographs 30 (4):407-408.

## TABLE DES MATIERES

### REMERCIEMENTS

### DEDICACE

0. Introduction .....	1
0.1. Problématique .....	1
0.2. Hypothèse .....	2
0.3. Objectifs .....	3
0.3.1. Objectif global .....	3
0.3.2. Objectifs spécifiques .....	3
0.4. Intérêts .....	3
0.5. Travaux antérieurs .....	3
0.6. Subdivision .....	4
<b>Chapitre premier : Généralités .....</b>	<b>5</b>
I.1. Milieu d'étude .....	5
I.1.1. Situation géographique et administrative .....	5
I.1.2. Climat .....	6
I.1.3. Relief .....	6
I.1.4. Hydrographie .....	6
I.2. Milieu édaphique .....	6
I.3. Milieu biologique .....	7
I.3.1. Végétation .....	7
I.3.2. Activités humaines .....	7
I.3.3. Description botanique sur les espèces du genre <i>Afzelia</i> .....	8
I.3.3.1. Description .....	8
I.3.3.2. Clé d'identification .....	9
I.3.4. Présentation .....	10
I.3.5. Usages .....	10
<b>Chapitre deuxième : Matériels et méthodes .....</b>	<b>11</b>
II.1. Matériel .....	11
II.1.1. Matériel biologique .....	11
II.1.2. Matériel non biologique .....	11

II.2. Méthodes .....	12
II.2.1. Inventaire des arbres des DHP $\geq 5$ cm .....	12
II.2.1.1. Technique de sondage .....	12
II.2.1.2. Parcelles – échantillons .....	13
II.2.2. Aperçu sur la distribution spatiale des espèces .....	13
II.2.2.1. Distribution statistique et écologique .....	13
II.2.2.2. « Nearest-Neighbor Method » et l'indice de « Clark and Evans » .....	15
II.2.2.3. Saisie et traitement des données .....	17
II.2.2.3.1. Indices de caractérisation botanique .....	17
II.2.2.3.2. Analyse de la distribution spatiale .....	18
<b>Chapitre troisième : Résultats .....</b>	<b>19</b>
III.1. La composition floristique .....	19
III.1.1. Densité relative .....	19
III.1.2. Surface terrière .....	21
III.2. Analyse de la distribution spatiale .....	21
III.2.1. Distribution des fréquences des tiges par parcelle .....	21
III.2.3. « Nearest-Neighbor Method » et l'indice « Clark et Evans » .....	23
<b>Chapitre quatrième: Discussion .....</b>	<b>29</b>
IV.1. La composition floristique .....	29
IV.1.1. Densité .....	29
IV.1.2. Surface terrière .....	30
IV.2. Distribution spatiale .....	31
<b>Conclusions et suggestions .....</b>	<b>33</b>
Références bibliographiques .....	35
<b>Table de matières .....</b>	<b>40</b>
Annexes	

# Annexe 1. Liste des espèces inventoriées.

N°	Espèces	Famille	DHP (cm)	S.T (cm <sup>2</sup> )
1	<i>Voacanga chaloniana</i> Pierre ex Stapf	Apocynaceae	5,8	26,41
2	<i>Voacanga chaloniana</i> Pierre ex Stapf	Apocynaceae	8,3	54,08
3	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl	Burceraceae	7	38,46
4	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl	Burceraceae	7,5	44,16
5	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl	Burceraceae	10	78,5
6	<i>Dacryodes yangambiensis</i> Louis et Troupin	Burceraceae	14	153,86
7	<i>Dacryodes yangambiensis</i> Louis et Troupin	Burceraceae	9,5	70,85
8	<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	Clusiaceae	7,7	46,54
9	<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	Clusiaceae	10	78,5
10	<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	Clusiaceae	5,5	23,75
11	<i>Symphonia globirifera</i> L.f	Clusiaceae	6,1	29,21
12	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	12	113,04
13	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	14	153,86
14	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	16	200,96
15	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	12	113,04
16	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	5	19,62
17	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	8	50,24
18	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	10	78,5
19	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	9	63,58
20	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	11	94,98
21	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	5	19,62
22	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	7	38,46
23	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	8	50,24
24	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	7	38,46
25	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	9	63,58
26	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	12	113,04
27	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	7,5	44,16
28	<i>Macaranga monandra</i> Mull	Euphorbiaceae	5,5	23,75
29	<i>Macaranga monandra</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
30	<i>Macaranga monandra</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,3	22,05
31	<i>Macaranga monandra</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	13	132,66
32	<i>Macaranga monandra</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	10	78,5
33	<i>Macaranga monandra</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,2	21,23
34	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
35	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	6,6	34,19
36	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	8	50,24
37	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	12	113,04
38	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	12	113,04
39	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5	19,62
40	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	8	50,24
41	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	10	78,5
42	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	7,5	44,16
43	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
44	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	6,6	34,19
45	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,2	21,23
46	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
47	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	7	38,46
48	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	7,7	46,54
49	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	11	94,98
50	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	6,5	33,16
51	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,3	22,05

Suite

52	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	13	132,66
53	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,7	25,5
54	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
55	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	6,6	34,19
56	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,2	21,23
57	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	5,5	23,75
58	<i>Macaranga spinosa</i> Mull .Arg.	Euphorbiaceae	11	94,98
59	<i>Margaritalia discoidea</i> (Baill.) Webster	Euphorbiaceae	8	50,24
60	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	7,5	44,16
61	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	5,5	23,75
62	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	6,6	34,19
63	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	5,2	21,23
64	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	5,5	23,75
65	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	7	38,46
66	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	7,7	46,54
67	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	11	94,98
68	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	6,6	34,19
69	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	6	28,26
70	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	9	63,58
71	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Hymenocardiaceae	8,2	52,78
72	<i>Albizia andianthifolia</i> (Schumanch.) W.f	Fabaceae	10	78,5
73	<i>Albizia andianthifolia</i> (Schumanch.) W.f	Fabaceae	9	63,58
74	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	10	78,5
75	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	6	28,26
76	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	8	50,24
77	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	9	63,58
78	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	9	63,58
79	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	6	28,26
80	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	8	50,24
81	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	10	78,5
82	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	9	63,58
83	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	8	50,24
84	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	11	94,98
85	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	12	113,04
86	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill.&Perr.) Benth	Fabaceae	9	63,58
87	<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	6	28,26
88	<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	5,5	23,75
89	<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	6	28,26
90	<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	9	63,58
91	<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	8	50,24
92	<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	16	200,96
93	<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	7,5	44,16
94	<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	6,5	33,16
95	<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	6	28,26
96	<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	5	19,62
97	<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	6	28,26
98	<i>Melletia dubia</i> De Will.	Fabaceae	8	50,24
99	<i>Melletia dubia</i> De Will.	Fabaceae	9	63,58
100	<i>Melletia dubia</i> De Will.	Fabaceae	9	63,58
101	<i>Melletia dubia</i> De Will.	Fabaceae	6	28,26
102	<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	Fabaceae	10	78,5
103	<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	Fabaceae	9	63,58
104	<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	Fabaceae	8	50,24

Suite

105	<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	Fabaceae	6	28,26
106	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f) Brenen	Fabaceae	8	50,24
107	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f) Brenen	Fabaceae	9	63,58
108	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	9	63,58
109	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	6	28,26
110	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	8	50,24
111	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	10	78,5
112	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	9	63,58
113	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	8	50,24
114	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	11	94,98
115	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Thonn.) Taub.	Fabaceae	12	113,04
116	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	6	28,26
117	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	5,5	23,75
118	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	9	63,58
119	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	10	78,5
120	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	12	113,04
121	<i>Bacteria nigrifolia</i> Hook.f.	Flacourtiaceae	11	94,98
122	<i>Homalium longistylum</i> Mast. ( plus H. laurentii)	Flacourtiaceae	13	132,66
123	<i>Homalium longistylum</i> Mast. ( plus H. laurentii)	Flacourtiaceae	9	63,58
124	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	5,5	23,75
125	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	8	50,24
126	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	6	28,26
127	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	8	50,24
128	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	9	63,58
129	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	9	63,58
130	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	6	28,26
131	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	12	113,04
132	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	11	94,98
133	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam.ex Poir	Clusiaceae	13	132,66
134	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	12	113,04
135	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	9	63,58
136	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	11	94,98
137	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	9	63,58
138	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	6	28,26
139	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	12	113,04
140	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	10	78,5
141	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	9	63,58
142	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	8,5	56,72
143	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	10	78,5
144	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	9	63,58
145	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	16	200,96
146	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	6	28,26
147	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	8	50,24
148	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	9	63,58
149	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	9	63,58
150	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	6	28,26
151	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	8	50,24
152	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	10	78,5
153	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	9	63,58
154	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	8	50,24
155	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	11	94,98
156	<i>Belutia aubletii</i> Seem	Melastomataceae	12	113,04
Suite				



157	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
158	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
159	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	5,5	23,75
160	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
161	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
162	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
163	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
164	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	11	94,98
165	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	10	78,5
166	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
167	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
168	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	5,5	23,75
169	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	7	38,46
170	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	10	78,5
171	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
172	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
173	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
174	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
175	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
176	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
177	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
178	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
179	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	10	78,5
180	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
181	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
182	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	11	94,98
183	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	12	113,04
184	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
185	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
186	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	5,5	23,75
187	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
188	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
189	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	5,6	24,62
190	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
191	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	10	78,5
192	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
193	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
194	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	10	78,5
195	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
196	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	8	50,24
197	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	11	94,98
198	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	12	113,04
199	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9	63,58
200	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6	28,26
201	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	5,5	23,75
202	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	6,5	33,16
203	Belutia aubletii Seem	Melastomataceae	9,5	70,85
204	Carapa procera DC.	Meliaceae	10	78,5
205	Carapa procera DC.	Meliaceae	9	63,58
206	Carapa procera DC.	Meliaceae	5,5	23,75
207	Carapa procera DC.	Meliaceae	6	28,26
208	Carapa procera DC.	Meliaceae	8	50,24
209	Trichilia monadelph (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	9	63,58
Suite				

210	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	9	63,58
211	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	6	28,26
212	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	8	50,24
213	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	10	78,5
214	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	9	63,58
215	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	8	50,24
216	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J De Wild.	Meliaceae	11	94,98
217	<i>Bosqueia angolensis</i>	Moraceae	9	63,58
218	<i>Bosqueia angolensis</i>	Moraceae	6	28,26
219	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	5,5	23,75
220	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	6	28,26
221	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	9	63,58
222	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	7	38,46
223	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	9	63,58
224	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	6	28,26
225	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	5,5	23,75
226	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	9	63,58
227	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	9	63,58
228	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	6	28,26
229	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	8	50,24
230	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	10	78,5
231	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	9	63,58
232	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	5,5	23,75
233	<i>Treculia africana</i> Decne	Moraceae	7	38,46
234	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	10	78,5
235	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	9	63,58
236	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	5,5	23,75
237	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	6	28,26
238	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	8	50,24
239	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	9	63,58
240	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	9	63,58
241	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	6	28,26
242	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	8	50,24
243	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	10	78,5
244	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	9	63,58
245	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	8	50,24
246	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	11	94,98
247	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	12	113,04
248	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	9	63,58
249	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Exell	Myristicaceae	6	28,26
250	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	5,5	23,75
251	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	9	63,58
252	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	7	38,46
253	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	6	28,26
254	<i>Maesopsis eminii</i> Engl.	Rhamnaceae	8	50,24
255	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	8	50,24
256	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	11	94,98
257	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	10	78,5
258	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	9	63,58
259	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	5,5	23,75
260	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	6	28,26
261	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	8	50,24
262	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	9	63,58

Suite et fin

263	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	9	63,58
264	<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	6	28,26
265	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	8	50,24
266	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	10	78,5
267	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	9	63,58
268	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	8	50,24
269	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	11	94,98
270	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild.) Merril	Rubiaceae	12	113,04
271	<i>Zanthoxylon lemaerei</i> De Wild.	Rutaceae	6	28,26
272	<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	12	113,04
273	<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	9	63,58
274	<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	8	50,24
275	<i>Gambeya beguei</i> (Aubr. & Pellegr.) Aubr. & Pellegr.	Sapotaceae	7,5	44,16
276	<i>Celtis tessmanii</i> Rendle	Ulmaceae	9	63,58
277	<i>Celtis tessmanii</i> Rendle	Ulmaceae	6	28,26
278	<i>Celtis tessmanii</i> Rendle	Ulmaceae	5,5	23,75
279	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	11	94,98
280	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	10	78,5
281	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	7	38,46
282	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	10	78,5
283	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
284	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	5,4	22,89
285	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	6	28,26
286	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8	50,24
287	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
288	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
289	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	6	28,26
290	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8	50,24
291	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	10	78,5
292	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
293	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8	50,24
294	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	11	94,98
295	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	12	113,04
296	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
297	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	6	28,26
298	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	5,5	23,75
299	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8	50,24
300	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	10	78,5
301	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
302	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8	50,24
303	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	11	94,98
304	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	12	113,04
305	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
306	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	8,5	56,72
307	<i>Vitex congolensis</i> De Wild. & Th.Dur	Verbenaceae	9	63,58
Total général				18011,98

# Annexes 2 : Mesure Ri

N°	N°	N° d'arbre	Espèces	parcelle (cm)	Ri
1	1	2,75	<i>Afzelia bipindensis</i>	1	3,45
2	2	1,5	<i>Afzelia bipindensis</i>	1	5,67
3	3	3,88	<i>Afzelia bipindensis</i>	1	2,33
4	4	4,52	<i>Afzelia bipindensis</i>	3	2,31
5	5	1,2	<i>Afzelia bipindensis</i>	3	6,6
6	9	0,55	<i>Afzelia bipindensis</i>	4	5,8
7	10	7,35	<i>Afzelia bipindensis</i>	4	8,54
8	11	2	<i>Afzelia bipindensis</i>	7	2,34
9	12	5,38	<i>Afzelia bipindensis</i>	7	4,53
10	13	3,9	<i>Afzelia bipindensis</i>	9	4,56
11	14	1,36	<i>Afzelia bipindensis</i>	9	2,55
12	15	2,76	<i>Afzelia bipindensis</i>	9	3,43
13	40	4,58	<i>Afzelia bipindensis</i>	10	4,56
14	41	6,65	<i>Afzelia bipindensis</i>	10	1,85
15	45	3,54	<i>Afzelia bipindensis</i>	11	2,76
16	46	1,25	<i>Afzelia bipindensis</i>	11	3,68
17	47	2,53	<i>Afzelia bipindensis</i>	12	8,56
18	51	3,65	<i>Afzelia bipindensis</i>	12	4,6
19	52	4,77	<i>Afzelia bipindensis</i>	12	2,67
20	53	0,5	<i>Afzelia bipindensis</i>	13	5,42
21	54	0,78	<i>Afzelia bipindensis</i>	13	4,23
22	55	2,1	<i>Afzelia bipindensis</i>	14	4,3
23	56	1,24	<i>Afzelia bipindensis</i>	18	1,3
24	57	2,6	<i>Afzelia bipindensis</i>	19	2,43
25	58	4,67	<i>Afzelia bipindensis</i>	20	2,67
26	59	8,9	<i>Afzelia bipindensis</i>	20	3,2
27	60	3,34	<i>Afzelia bipindensis</i>	22	4,67
28	61	3,57	<i>Afzelia bipindensis</i>	22	5,76
29	62	1,27	<i>Afzelia bipindensis</i>	21	3,53
30	63	2,45	<i>Afzelia bipindensis</i>	21	4,58
31	64	3,45	<i>Afzelia bipindensis</i>	23	2,22
32	65	5,32	<i>Afzelia bipindensis</i>	23	3,42
33	66	4,34	<i>Afzelia bipindensis</i>	24	3,35
34	67	1,32	<i>Afzelia bipindensis</i>	24	2,75
35	68	2,54	<i>Afzelia bipindensis</i>	23	1,25
36	69	3,57	<i>Afzelia bipindensis</i>	23	2,85
37	70	5,37	<i>Afzelia bipindensis</i>	25	4,97
38	73	4,31	<i>Afzelia bipindensis</i>	25	5,65
39	74	3,52	<i>Afzelia bipindensis</i>	26	2,9
40	75	6,74	<i>Afzelia bipindensis</i>	26	2,89
41	76	3,54	<i>Afzelia bipindensis</i>	27	4,9
42	77	4,52	<i>Afzelia bipindensis</i>	27	5,5
43	81	5,45	<i>Afzelia bipindensis</i>	28	4,65
44	84	3,42	<i>Afzelia bipindensis</i>	28	2,54
45	85	2,79	<i>Afzelia bipindensis</i>	29	1,28
46	86	5,48	<i>Afzelia bipindensis</i>	29	3,53
47	92	1,24	<i>Afzelia bipindensis</i>	30	5,76
48	93	3,25	<i>Afzelia bipindensis</i>	31	8,96
49	94	4,31	<i>Afzelia bipindensis</i>	32	5,87
50	95	3,57	<i>Afzelia bipindensis</i>	32	7,65
1	1	6	<i>Afzelia bella</i>	1	3,45
2	2	7	<i>Afzelia bella</i>	1	5,67
3	3	8	<i>Afzelia bella</i>	1	2,33
4	4	16	<i>Afzelia bella</i>	3	2,31
5	5	17	<i>Afzelia bella</i>	3	6,6
6	6	18	<i>Afzelia bella</i>	4	5,8
7	7	19	<i>Afzelia bella</i>	4	8,54
8	8	20	<i>Afzelia bella</i>	7	2,34
9	9	21	<i>Afzelia bella</i>	7	4,53
10	10	22	<i>Afzelia bella</i>	9	4,56
11	11	23	<i>Afzelia bella</i>	9	2,55
12	12	24	<i>Afzelia bella</i>	9	3,43
13	13	25	<i>Afzelia bella</i>	10	4,56
14	14	26	<i>Afzelia bella</i>	10	1,85
15	15	27	<i>Afzelia bella</i>	11	2,76
16	16	28	<i>Afzelia bella</i>	11	3,68
17	17	29	<i>Afzelia bella</i>	12	8,56
18	18	30	<i>Afzelia bella</i>	12	4,6
19	19	31	<i>Afzelia bella</i>	12	2,67
20	20	32	<i>Afzelia bella</i>	13	5,42
21	21	33	<i>Afzelia bella</i>	13	4,23
22	22	34	<i>Afzelia bella</i>	14	4,3
23	23	35	<i>Afzelia bella</i>	18	1,3
24	24	36	<i>Afzelia bella</i>	19	2,43
25	25	37	<i>Afzelia bella</i>	20	2,67
26	26	38	<i>Afzelia bella</i>	20	3,2
27	27	39	<i>Afzelia bella</i>	22	4,67
28	28	42	<i>Afzelia bella</i>	22	5,76
29	29	43	<i>Afzelia bella</i>	21	3,53
30	30	44	<i>Afzelia bella</i>	21	4,58
31	31	48	<i>Afzelia bella</i>	23	2,22
32	32	49	<i>Afzelia bella</i>	23	3,42
33	33	50	<i>Afzelia bella</i>	24	3,35
34	34	78	<i>Afzelia bella</i>	24	2,75
35	35	79	<i>Afzelia bella</i>	23	1,25
36	36	82	<i>Afzelia bella</i>	23	2,85
37	37	83	<i>Afzelia bella</i>	25	4,97
38	38	87	<i>Afzelia bella</i>	25	5,65
39	39	88	<i>Afzelia bella</i>	26	2,9
40	40	89	<i>Afzelia bella</i>	26	2,89
41	41	90	<i>Afzelia bella</i>	27	4,9
42	42	91	<i>Afzelia bella</i>	27	5,5
43	43	121	<i>Afzelia bella</i>	28	4,65
44	44	122	<i>Afzelia bella</i>	28	2,54
45	45	123	<i>Afzelia bella</i>	29	1,28
46	46	124	<i>Afzelia bella</i>	29	3,53
47	47	151	<i>Afzelia bella</i>	30	5,76
48	48	152	<i>Afzelia bella</i>	31	8,96
49	49	153	<i>Afzelia bella</i>	32	5,87
50	50	154	<i>Afzelia bella</i>	32	7,65

Suite

N°	N° arbre	Espèces	N° parcelle	Ri (cm)
51	96	<i>Afzelia bipindensis</i>	33	5,46
52	97	<i>Afzelia bipindensis</i>	33	4,31
53	98	<i>Afzelia bipindensis</i>	33	3,57
54	99	<i>Afzelia bipindensis</i>	34	4,56
55	100	<i>Afzelia bipindensis</i>	34	2,58
56	101	<i>Afzelia bipindensis</i>	35	9,57
57	102	<i>Afzelia bipindensis</i>	35	4,76
58	103	<i>Afzelia bipindensis</i>	36	6,74
59	104	<i>Afzelia bipindensis</i>	36	3,65
60	105	<i>Afzelia bipindensis</i>	36	3,68
61	106	<i>Afzelia bipindensis</i>	37	8,52
62	107	<i>Afzelia bipindensis</i>	37	4,52
63	108	<i>Afzelia bipindensis</i>	38	5,69
64	110	<i>Afzelia bipindensis</i>	38	6,73
65	111	<i>Afzelia bipindensis</i>	38	4,52
66	112	<i>Afzelia bipindensis</i>	39	3,57
67	113	<i>Afzelia bipindensis</i>	39	4,98
68	114	<i>Afzelia bipindensis</i>	39	2
69	115	<i>Afzelia bipindensis</i>	40	2,75
70	116	<i>Afzelia bipindensis</i>	40	3,76
71	117	<i>Afzelia bipindensis</i>	2	2,89
72	118	<i>Afzelia bipindensis</i>	2	4,5
73	119	<i>Afzelia bipindensis</i>	5	5,3
74	120	<i>Afzelia bipindensis</i>	5	7,8
75	125	<i>Afzelia bipindensis</i>	7	9,5
76	126	<i>Afzelia bipindensis</i>	7	4,6
77	127	<i>Afzelia bipindensis</i>	8	3,5
78	128	<i>Afzelia bipindensis</i>	8	4,75
79	129	<i>Afzelia bipindensis</i>	9	5,74
80	130	<i>Afzelia bipindensis</i>	9	5,55
<b>Total</b>				<b>323,6</b>

N°	N° arbre	Espèces	N° parcelle	Ri (cm)
51	156	<i>Afzelia bella</i>	33	6,98
52	157	<i>Afzelia bella</i>	33	9,64
53	158	<i>Afzelia bella</i>	33	2,46
54	159	<i>Afzelia bella</i>	34	4,54
55	160	<i>Afzelia bella</i>	34	2,67
56	161	<i>Afzelia bella</i>	35	5,43
57	162	<i>Afzelia bella</i>	35	4,56
58	163	<i>Afzelia bella</i>	36	5,67
59	164	<i>Afzelia bella</i>	36	3,21
60	165	<i>Afzelia bella</i>	36	2,22
61	167	<i>Afzelia bella</i>	37	3,42
62	168	<i>Afzelia bella</i>	37	3,65
63	169	<i>Afzelia bella</i>	38	4,63
64	170	<i>Afzelia bella</i>	38	4,65
65	171	<i>Afzelia bella</i>	38	6
66	172	<i>Afzelia bella</i>	39	4,57
67	174	<i>Afzelia bella</i>	39	2,43
68	175	<i>Afzelia bella</i>	39	4,8
69	176	<i>Afzelia bella</i>	40	4,86
70	177	<i>Afzelia bella</i>	40	5,76
<b>Total</b>				<b>297,92</b>

N°	N° d'arbre	Espèces	N° parcelle	Ri (cm)
1	72	<i>Afzelia pachyloba</i>	10	45
<b>Total</b>				<b>45</b>