

UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES

*Département d'Ecologie et Gestion
des Ressources Végétales*



B.P. 2012
KISANGANI

**« *Evaluation de la biodiversité et des stocks de carbone
aérien dans les différents peuplements forestiers
d'ISANGI, RD Congo* »**

PAR

Célestin ADEITO MAVUNDA

Mémoire

Présenté et défendu en vue de l'obtention de Diplôme

de License en Ecologie et Gestion des Ressources Végétales

Directeur : Prof. Faustin BOYEMBA

Année académique : 2013-2014

A toi Dieu Eternel tout puissant, maitre des temps et des circonstances;

A vous mes parents NAKOLOBANGE MUNIKAHIYAKO Dieudonné et
ENKATETINABU NDANOSA Denise ;

Aux regrettés professeur ordinaire Dominique NYAKABWA MUTABANA et le Chef des
Travaux Henry Victor UDAR, à vous repos mérité. Que vos âmes reposent en paix et que
la terre de nos ancêtres vous soit douce et légère ;

Je dédie ce travail.

REMERCIEMENT

Si la production d'un scientifique est l'une de conditions primordiales d'acquisition d'un titre académique, la reconnaissance envers ceux qui ont contribué à sa réalisation soit-elle signée par un seul, reste à notre avis l'œuvre de plusieurs.

Nous projetons notre reconnaissance à Dieu tout puissant, qui a toujours été nôtre et de qui nous avons eu le réconfort pendant toute nos expériences douloureuses et parfois humiliantes que nous avons connues durant notre parcours universitaire.

Nos remerciements s'adressent aux autorités décanales de la Faculté des sciences de l'Université de Kisangani qui ont rendu possible la réalisation de cette présente étude.

Nous remercions particulièrement : le professeur DHED'A DJAILO Benoit (Doyen de la Faculté des Sciences), professeur KATWALA (Vice-Doyen chargé de l'enseignement), professeur BOKOTA (Vice-Doyen chargé de la recherche); professeur GEMBU (Secrétaire académique Facultaire) et tout le corps enseignant à l'occurrence les professeurs, les chefs des travaux et les assistants pour nous avoir formés.

Nous ne pouvons pas nous permettre d'oublier le professeur Faustin BOYEMBA qui, en dépit de ses multiples préoccupations a accepté la direction de ce travail ; et aussi le Doctorant John KATEMBO pour son aide particulier.

Nous gardons de bons souvenirs à nos parents ENKATETINABU Denise et NAKOLOBANGE Dieudonné et à toute ma famille pour le soutien absolu lors de ce voyage étudiantin.

Nous citons en passant : MUNIKAYAKO Dieudonné, NAKOLOBANGE Samuel, ABANATI Suzy, BANANGANA Ezy, KANIKI Julienne, IDEY Christine, NAKOLOBANGE Nestor, BAMBO Emanuel, NAKOLOBANGE Séphora, NAKOLOBANGE Anne-Marie.

Qu'il nous soit permis d'exprimer notre gratitude à nos amis et connaissances: KASAKA Léon, NIMO Serge, MOKUBA Edmond, DHED'A Laurence, MBINDULE Solange, NSAFWASA Berce, ONAUSTHU Trésor, OMVIBHO Emanuel, BONDO Pisthu, BOTUMA Cédric, PIMBO Fiston, NSINGA Trésor, KUMINGA Christel ; mais aussi et surtout à toute toutes les composantes du Projet Pilote REDD Géographiquement Intégré d'Isangi pour le soutien et l'attention fort accordé à ce présent travail.

Que tous nos compagnons de lutte trouvent ici l'expression de notre reconnaissance pour ce moment cruel partagé. Que le bon Dieu les protège et les comble de sa grâce et de sa bénédiction pour toujours.

Célestin ADEITO MAVUNDA

RESUME

En Afrique tropicale, les relations entre la biomasse, la diversité et la composition floristique sont mal connues et rarement abordées dans les études d'écologie forestière. Dans la présente étude, nous voulons tester ces relations dans le massif forestier de Isangi (2° 13'N et 2° S ; 22° 33' et 28° E). Nous avons postulé que dans la région forestière d'Isangi (i) de vérifier la variabilité floristique et structurale (densité, surface terrière, structure de diamètres) entre types forestier (ii) de tester la différence de stocks de carbone entre types de forêt et (iii) de mettre en évidence les relations entre la biomasse, la richesse et la composition spécifique de la région forestière d'Isangi. Le protocole de récolte des données prévoyait la prise du diamètre sur les arbres à dhp ≥ 10 cm dans des parcelles de 50 x 50 m². 145 parcelles ont été installées dans les différentes classes d'occupation du sol (Jachères de différents âges, forêt secondaire et forêt primaires). L'analyse factorielle de correspondance a permis de discriminer les groupements floristiquement différents. Les tests de corrélation nous ont permis d'apprécier les relations biomasse - richesse spécifique standardisée, densité et surface terrière. Les résultats trouvés montrent la présence d'une différence de biomasse entre les quatre groupements trouvés. Aussi, ces derniers montrent des corrélations positives entre la biomasse - richesse spécifique standardisée, densité et surface terrière.

Mots clés : Diversité floristique, biomasse aérienne, forêts d'Isangi, RD Congo

ABSTRACT

In tropical Africa, the relationships between richness and floristic composition are not wellknown, and treated in forest ecology studies. In this study, we intend to test the relationships in the forest massif of Isangi (2° 13'N and 2° S; 22° 33' and 28° E). The goals of our study, conducted in the forest region of Isangi, were to (i) check floristic and structural variability (density, ground surface, diameter structure) among the forest types, (ii) test the difference of carbon stocks among the forest types, (iii) underline the relationships among the biomass, richness and specific composition of the forest region of Isangi. The data collection protocol consisted of measuring the diameter of trees with $d_{hp} \geq 10$ cm in 50 x50 m plots. 145 plots were installed in different classes of ground occupation (fallows of different ages, secondary forest and primary forest). Factorial correspondence analysis permitted to distinguish communities different floristically. Correlation tests allowed us to appreciate the relationships standardized biomass-specific richness, density and ground surface. The results show the presence of a difference of biomass among the 4 communities found. More, they show positive relationships among standardised biomass-specific richness, density, and ground surface.

Key words: floristic density, aerial biomass, forest of Isangi, DR Congo.

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 2.1 -Localisation de la zone du "Projet Pilote Géographiquement Intégré d'ISANGI" (PPRGII) par rapport au Chef-lieu du Territoire, ISANGI, et à la ville de Kisangani	10
Figure 2.2 -Diagramme ombrothermique du milieu d'étude avec des données climatiques de YANGAMBI. La partie grisée correspond aux périodes ou mois pendant lesquels les précipitations sont supérieures à la moyenne. Source : Boyemba (2011)	11
Figure 2.3 -RDC : carte d'occupation des sols. La légende présente les principales formations végétales. Source des données : Vancutsem al. (2006), modifications Boyemba (2011).....	13
Figure 2.4 – Localisation de villages cibles dans lesquels les 145 parcelles d'inventaire forestier dans la zone du "Projet Pilote REDD Géographiquement Intégré d'ISANGI" (PPRGII) ont été installées	14
Figure 2.5 – Dispositif expérimental de collecte des données (comptage et mesures des arbres).....	15
Figure 3.1 - Ordination des espèces végétale et des villages d'inventaire par NMS	21
Figure 3.2 - Ordination des types forestiers d'inventaire par NMS.....	22
Tableau 3.1 – Les cinq espèces les mieux représentées dans de quatre types forestiers étudiés.	23
Figure 3.3 - Les cinq familles les mieux représentées dans chaque types forestier étudiée.....	24
Tableau 3.2 - Indices de diversités calculés pour chaque type forestier d'étude	25
Figure 3.4 - Dispersion des valeurs de densité pour les peuplements de chaque parcelle étudiée.....	26
Figure 3.5 - Distribution des valeurs de surface terrière pour les peuplements de chaque parcelle étudiée.	27

Figure 3.6 - Variation de la densité en fonction des classes de diamètre dans les quatre groupements.....	28
Figure 3.7 - Dispersion des valeurs de la biomasse aérienne dans les groupements étudiés d'après le modèle de Fayolle <i>&al.</i> , 2013.....	29
Figure 3.8 - Distribution de la biomasse dans les différentes strates des groupements végétaux étudiés.....	30
Figure 3.9 - Variation de la biomasse en fonction des classes de diamètre dans les quatre groupements forestiers.	31
Figure 3.10 - Corrélation entre la biomasse et la richesse spécifique standardisée	32
Figure 3.11 - Corrélation entre la biomasse (t/ha) et la densité (tiges/ha).....	32
Figure 3.12 - Corrélation entre la biomasse (t/ha) et la surface terrière (m ² /ha).	33

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux et des figures	
Table des matières	
CHAPITRE I. INTRODUCTION.....	1
I.1 Contexte et justification de l'étude	1
I.2 Aperçu général du projet REDD ISANGI.....	2
I.3 Problématique	4
I.4 Hypothèses.....	5
I.5 Objectifs de l'étude	5
I.6 Intérêt du travail.....	5
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES	6
II.1 Milieu d'étude	6
II.1.1 Localisation géographique	6
II.1.2 Caractéristiques environnementales.....	7
II.1.3 Caractéristiques des formations végétales.....	8
II.2 Méthodes de collecte des données.....	9
II.2.1 Protocole expérimental.....	9
II.2.2 Identifications botaniques	12
II.2.3 Densité du bois	12
II.3 Méthodes d'analyse des données.....	12
II.3.1 Analyse des données floristiques.....	12

1. Analyse non symétrique de correspondance.....	12
2. Les indices de diversité.....	13
a. Indice de diversité de Shannon H'	13
b. Indice de diversité de Simpson D.....	13
c. Indice de diversité Fisher-alpha.....	14
2.3.2 Analyse des données structurales	14
1. Surface terrière	14
2. Indice des valeurs d'importance.....	15
3. Estimation de la biomasse aérienne.....	16
CHAPITRE III. RESULTATS	18
III.1 Analyse floristique.....	18
III.1.1 Peuplements forestiers identifiés.....	18
III.1.2 Richesse floristique.....	19
1. Les espèces représentatives	19
2. Les familles représentatives.....	20
3. Indices de diversité.....	21
III.2 Structure des peuplements forestiers étudiés	22
III.2.1 Densité et surface terrière	22
III.2.2 Structure diamétrique.....	24
III.3 Estimation de la biomasse.....	25
III.3.1 Distribution de la biomasse dans les différentes strates végétales des parcelles d'inventaire (modèle de Fayolle & <i>al.</i> , 2013).....	26
III.4 Etudes des corrélations pour l'ensemble des groupements forestier.....	28
Chapitre IV : DISCUSSION.....	31
IV.1 Existence de la variabilité floristique et structurale au sein des peuplements forestiers étudiés.....	31

IV.1.1 Présence de la variabilité floristique	31
IV.1.2 Existence de la variation de la structure	32
La variation de la densité entre les types forestiers étudiés.....	32
La variation de la surface terrière entre les types forestiers étudiés	33
L'uniformité de la structure diamétrique entre les types forestiers étudiés.....	33
IV.2 La variation de la biomasse entre les différents peuplements forestiers étudiés	34
IV.3 Présence des relations biomasse-richesse spécifique, densité et surface terrière	35
CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS.....	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38
ANNEXES	

CHAPITRE I. INTRODUCTION

I.1 Contexte et justification de l'étude

La présente étude s'inscrit dans le contexte de la gestion durable des forêts tropicales humides pour lesquelles le devenir est devenu une des préoccupations majeures qui se pose dans le contexte mondial. Depuis quelques décennies, ces forêts font l'objet de nombreuses mises en garde à propos des risques de leur disparition accélérée. De toute évidence, les études sur la diversité végétale de ces forêts sont nécessaires pour faciliter la gestion de leurs ressources naturelles. Cette vision semble être urgente vu les taux de déforestation et de dégradation que connaissent ces forêts.

L'organisation des communautés végétales, le lien entre la diversité et le fonctionnement de l'écosystème sont utiles à la fois pour les gestionnaires et les écologues. Pour le gestionnaire, il s'agit de mettre en place de stratégies efficaces de préservation de la biodiversité. Pour l'écologue, il s'agit de chercher de réponses aux questions majeures dont certaines ne sont toujours pas résolues à l'heure actuelle (Morneau, 2007). Connaître le rôle respectif des mécanismes à l'origine de la diversité spécifique est une étape importante pour la gestion et la conservation des communautés d'arbres au sein des écosystèmes forestiers (Blanc et *al.*, 2003). La mesure de la diversité est d'une importance capitale pour la recherche écologique et la conservation de la biodiversité (Lu & *al.*, 2007).

Le scientifique forestier peut chercher à trouver quel site est plus diversifié que l'autre et quelles en sont les causes. Les résultats de la recherche pourraient ainsi constituer une base solide pour les gestionnaires. La recherche scientifique est sollicitée en vue de mettre en place de bonnes orientations en matière de gestion des écosystèmes forestiers (Nguingiri, 1998). Une bonne gestion des forêts requiert tout d'abord une meilleure connaissance de sa composition et de son fonctionnement.

Le bassin du Congo, avec environ 20% des forêts tropicales mondiales, est le deuxième grand massif forestier tropical du monde, derrière celui de l'Amazonie et bien avant celui du sud-est asiatique (Valeix & *al.*, 2004). Son importance dans la conservation de la biodiversité et la régulation de grands cycles biogéochimiques est incontestable. Les forêts

du bassin du Congo contiennent de nombreuses ressources biologiques végétales et animales, dont un grand nombre d'espèces endémiques (Valeix & al., 2004). Ces forêts jouent un rôle important dans la survie et le développement socio-économique et culturel des populations de la région.

La République Démocratique du Congo (RDC) est couverte au deux tiers par les forêts denses. Ces écosystèmes extrêmement utiles et précieux pour l'humanité jouent un rôle capital dans la régulation de l'effet de serre, dans les grands équilibres climatiques de la planète. Ces forêts séquestrent du carbone et ralentissent le changement climatique dans les proportions d'envergure mondiale (Croizer & al., 2007 ; FAO, 2007). Cependant, ces forêts sont menacées par les activités humaines. La croissance démographique et surtout la croissance économique entraînent une augmentation de besoins en bois et en autres produits forestiers (viande de brousse, etc.). La destruction de ces forêts pose un double problème en rapport avec son rôle de régulation de la concentration des «gaz à effet de serre» (GES).

Toute incitation visant à réduire les émissions des GES, en particulier le dioxyde de carbone doit reposer sur la capacité à mesurer avec précision les stocks de carbone et suivre le changement du stock ou flux de carbone dans le temps (Makana & al., 2008). Les estimations les plus précises de stock de carbone forestier sont obtenues par les inventaires forestiers. La connaissance et la compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers en RDC sont très limitées. En effet, les inventaires forestiers ne doivent pas se borner à inventorier un capital sur pied et un taux d'accroissement, mais relier ceux-ci à l'écologie et à la composition floristique du peuplement (Fournier & al., 1983).

I.2 Aperçu général du projet REDD ISANGI

I.2.1 Sur instructions du Conseil de Direction en date du 5 décembre 2009, une mission du FFBC s'est rendue dans tous les pays du bassin du Congo afin d'identifier les projets gouvernementaux à soumettre au FFBC pour financement. Chaque pays du bassin du Congo dont la RDC a produit à cet effet des notes de conception transmises au FFBC pour examen et approbation. Le conseil de Direction, lors de sa septième session ordinaire tenue à Tunis en date du 7 mars 2010 a approuvé les notes de conception et instruit le Secrétariat du FFBC d'assister les pays à produire les propositions détaillées et à les évaluer aussitôt. En début avril 2010, à la suite de la transmission par les pays des propositions détaillées, le

Secrétariat a initié une mission d'évaluation des projets dans les différents pays qui a permis l'élaborer le présent rapport. Le conseil de Direction du FFBC, lors de sa neuvième session tenue les 15 et 16 novembre à Libreville au Gabon a approuvé le financement du présent projet pour un montant de 2,298 millions d'euros.

1.2.2 Le projet « pilote REDD géographiquement intégré d'ISANGI » a pour objectif sectoriel de contribuer à la réduction de la déforestation et de la pauvreté dans la zone du projet. Ses objectifs spécifiques sont : (i) renforcer les capacités de l'administration locale en matière de gestion et planification, d'aménagement du territoire, de sécurisation foncière, d'harmonisation et application de la loi ; (ii) renforcer les capacités humaines, techniques, financières et organisationnelles des populations locales pour une gestion productive et la valorisation durable de leur environnement ; et (iii) améliorer les conditions économiques et sociales des populations locales.

1.2.3 Le projet est exécuté par une cellule de coordination au sein du Ministère de l'environnement, de la conservation de la nature et du tourisme (MECNT) qui, pour ce faire, s'attache les services de l'ONG OCEAN, dont le rôle sera de s'occuper plus spécifiquement de la coordination technique des opérations sur le terrain, avec l'aide d'autres institutions dont l'Université de Kisangani (UNIKIS) que nous remercions très sincèrement pour le soutien et l'intérêt accordé au présent travail . Les ressources du don FFBC, au niveau de l'UNIKIS en tant que « Consultant Désigné » à charge du « suivi écologique et socioéconomique et données de référence », servent à financer quatre principales activités parmi lesquelles « la mise en place d'un dispositif de Monitoring, Rapportage et Vérification (MRV) des stocks de carbone forestiers, comprenant 300 parcelles permanents de 50 m x 50 m à travers l'ensemble de la zone du projet.

1.2.4 Bénéficiaires du projet

Les bénéficiaires du projet sont : (i) les bénéficiaires directs, qui comprennent les communautés locales des 5 villages ciblés par le projet et les experts nationaux au niveau provincial et local ; et (ii) les bénéficiaires indirects qui comprennent le reste de la population d'Isangi ne vivant pas dans les villages ciblés et d'autres acteurs opérant dans le territoire, à notre exemple. Et c'est dans cadre que ce présent travail à bénéficié du soutien fort du présent projet.

Au terme, le projet permettra une augmentation de 20% des superficies forestières de la région et de 15% des revenus des ménages touchés. Le réseau de pistes d'évacuation que le projet mettra en place permettra de désenclaver les villages, et d'offrir ainsi des opportunités d'ajouter de la valeur à la production agricole locale grâce à un accès plus facile aux marchés.

I.3 Problématique

En Afrique tropicale humide, les forêts sont caractérisées par une diversité d'habitats structurés. Cette diversité entraîne une hétérogénéité floristique spatiale dans sa végétation forestière. Cette hétérogénéité floristique spatiale s'exprime dans une large mesure par des changements incessants dans la composition floristique et/ou dans la structure des espèces tant à l'échelle locale qu'à l'échelle régionale (Fournier & al., 1983).

Dans cette hétérogénéité floristique et structurale, certains arrangements préférentiels sont facilement perceptibles, par exemple des groupements de types biologiques spécifiques : des groupements des arbres dans certaines positions topographiques ou physiographiques et même des groupements d'espèces dus à des biotopes particuliers (Fournier & al., 1983).

Des nombreuses études ont tenté d'expliquer les causes de cette diversité végétale à travers la prise en compte des facteurs tels que le climat, le sol, la dispersion de diaspores et le tempérament des espèces (Molino & al., 2001 ; Torti & al., 2001 ; Boyemba, 2011).

Des études forestières réalisées dans le milieu tropical ont mis en évidence l'influence des propriétés du sol sur la répartition spatiale des espèces (Amani, 2011).

L'approche phyto-écologique, basée sur l'analyse de données floristiques, structurales ou sur une combinaison des deux, a permis d'identifier plusieurs types de facteurs à l'origine de l'hétérogénéité des forêts tropicales humides. Cependant, les facteurs écologiques (mode de dissémination, barrière écologique, types de substrats, microclimat...) sont considérés comme pouvant exercer une influence majeure sur la structure et la composition des peuplements à différentes échelles. Ceci a été vérifié de longue date pour de systèmes fortement contrastés (les sols hydromorphes et/ou inondables avec la terre ferme, ...).

Dans la présente étude, il sera question de vérifier les relations qui existent entre la biomasse, la richesse spécifique et la composition floristique et une cause de la variation de la biomasse dans le massif forestier d'Isangi.

I.4 Hypothèses

Les forêts d'Isangi, à l'instar de toutes les forêts tropicales, présentent une variabilité structurale et floristique à l'échelle du paysage. Pour confirmer cette hypothèse générale, et déterminer à quelle distance s'observe cette variabilité, nous allons nous attacher à mieux connaître les différences floristiques et structurales liées au niveau de dégradation de peuplements forestiers et de manière spécifique, nous allons tester si :

- Dans les forêts d'Isangi, il existe une variabilité floristique et structurale (densité, surface terrière, structure de diamètres) entre les types de forêt;
- Il existe de différences de stocks de carbone entre les types de forêt.
- Il existe des relations entre les stocks de carbone, la richesse et la composition floristique dans ces forêts d'Isangi.

I.5 Objectifs de l'étude

Pour vérifier ces hypothèses, l'objectif général est de vérifier la variabilité structurale et floristique à l'échelle du paysage.

A ce dernier nous permet de formuler des objectifs spécifiques comme suit : (i) de vérifier la variabilité floristique et structurale (densité, surface terrière, structure de diamètres) entre les types forestier (ii) de tester la différence de stocks de carbone entre les types de forêt et (iii) de mettre en évidence les relations entre la biomasse, la richesse et la composition spécifique de la région forestière d'Isangi.

I.6 Intérêt du travail

Les résultats escomptés dans cette étude pourront être utilisés pour inscrire la région forestière d'Isangi dans le processus REDD comme puits de carbone. Si possible, les revenus issus du marché carbone permettront d'offrir au pays en général et à la province Orientale en particulier des incitations économiques. Ce travail ouvre la voie et constitue un fondement pour d'autres chercheurs qui, envisageront d'entreprendre des études ultérieures dans ce domaine à Isangi.

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

II.1 Milieu d'étude

II.1.1 Localisation géographique

Cette étude a été menée dans la zone du "Projet Pilote REDD Géographiquement Intégré d'ISANGI" (PPRGII) située dans le Territoire d'ISANGI, District de la TSHOPO en province Orientale de la République Démocratique du Congo (RDC), à 125 km à l'Ouest de la ville de Kisangani, entre 0° 30' et 1° 05' N et 23° 40' et 24° 30' E. Située majoritairement dans la partie Nord du Territoire d'ISANGI, la zone du projet est traversée par le fleuve Congo sur une distance Est-Ouest de 96,6 km. Les rivières LOMAMI et LOKOMBE ont également leurs embouchures dans la zone du projet. La superficie de la zone du projet est de 2.850,97 km² (285097 ha), soit 20,7 % de la superficie totale du Territoire d'ISANGI (évaluée à 13.768,87 km²).

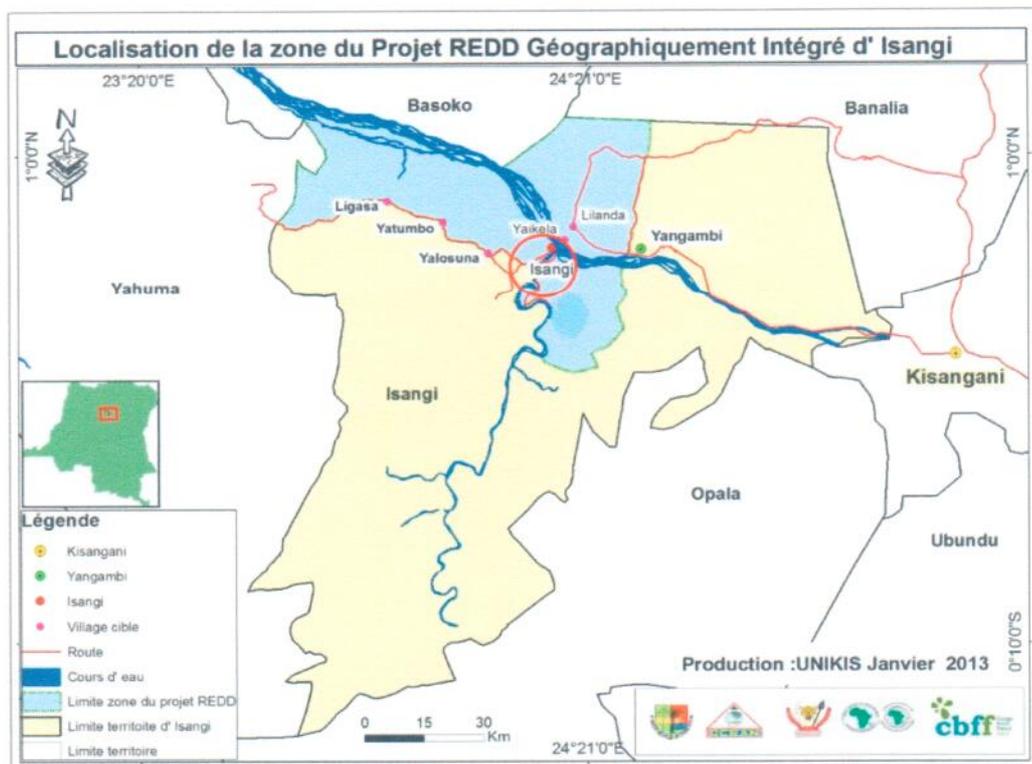


Figure 2.1 –Localisation de la zone du "Projet Pilote Géographiquement Intégré d'ISANGI"

(PPRGII) par rapport au Chef-lieu du Territoire, ISANGI, et à la ville de Kisangani.

II.1.2 Caractéristiques environnementales

En Afrique tropicale, la composition floristique varie en fonction des conditions environnementales (conditions climatiques, altitudinales, édaphiques et géologiques) (Swaine & Hall, 1998 ; Boyemba, 2011 ; Fayolle & *al.*, 2012).

D'après le système de classification de Köppen (1936) et étant proche de la cité de YANGAMBI, notre milieu d'étude présente un climat équatorial de type Af (pas de mois sec – mois où le double de la température est supérieur ou égal aux précipitations). La température moyenne annuelle est proche de 25° C et les précipitations moyennes annuelles varient entre 1500 mm et 2000 mm, avec une moyenne de 1750 mm (figure 2.2), comme c'est le cas dans toute la zone forestière centrale congolaise (Vandenput, 1981 ; Boyemba, 2011).

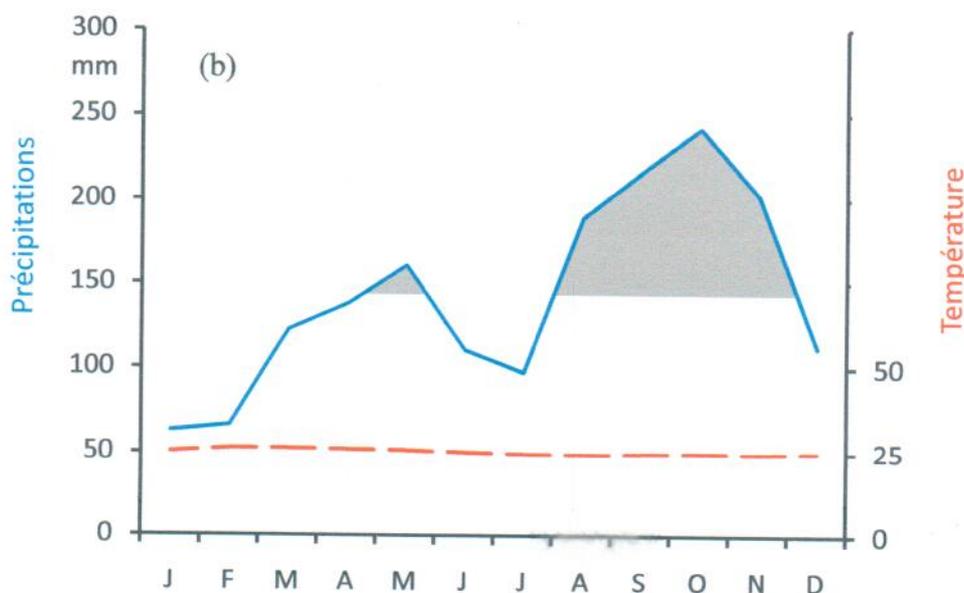


Figure 2.2 – Diagramme ombrothermique du milieu d'étude avec des données climatiques de YANGAMBI. La partie grisée correspond aux périodes ou mois pendant lesquels les précipitations sont supérieures à la moyenne. Source : Boyemba (2011).

La zone du projet est dominée par un relief peu accidenté avec des altitudes variant entre 336 et 524 m, soit une moyenne de 451m (Lubini, 1982). Le fleuve Congo est à 380 m d'altitude, inondant ainsi régulièrement une bonne partie des forêts de la rive gauche (360 m d'altitude) qui repose sur un socle métamorphique datant du précambrien inférieur et est dominé par des roches telles les migmatites et les micaschistes. Ces roches donnent des

sols argileux, hydromorphes, profonds, avec peu d'humus, une faible capacité de rétention en nutriments et en eau et une faible teneur en bases échangeables (Jones *et al.*, 2013). Tandis que les sols de plateau, non inondables (supérieur à 380 m d'altitude), sont plutôt sableux (Calembert, 1995 ; Kombele, 2004). Il s'agit donc des sols de type ferrallitique.

II.1.3 Caractéristiques des formations végétales

Situé au Nord-Est de la cuvette centrale congolaise, notre milieu d'étude est classé chronologiquement par Ndjele (1988) entre le District Centro-oriental de la MAÏKO et celui de la TSHUAPA : tous deux compris entièrement dans le secteur forestier central de la région Guinéo-congolaise.

D'après la carte de végétation de Devred (1958) et la carte d'occupation du sol établie à partir des données de télédétection de Vancutsem & *al.* (2009) pour la République Démocratique du Congo (figure 2.3), la zone du projet se situe dans les forêts de basse et moyenne altitude, en zone de transition entre les types sempervirent et semi-caducifolié. Dans cette zone, on peut donc noter de nombreuses particularités comme par exemple la présence : (i) des peuplements mono-dominants à *Gilbertiodendron dewevrei*, à *Brachystegia laurentii* parmi les forêts sempervirentes ; ou encore (ii) des peuplements à *Scorodophloeus zenkeri* et à *Cynometra spp* pour les forêts semi-caducifoliées.

Notons cependant que la répartition spatiale de ces types forestiers particuliers n'est pas disponible sur les cartes de végétation existante. Malheureusement aussi qu'il est extrêmement difficile de les mettre en évidence avec les résolutions des images disponibles comme le Landsat et le SPOT. Ainsi, sur la base de la sempervirence et du degré de dégradation des forêts, les principales strates forestières (forêt primaire sur terre ferme et sur terre hydromorphe, forêt secondaire, ...) et non forestières (complexe agricole) ont été définies par télédétection (figure 2.3).

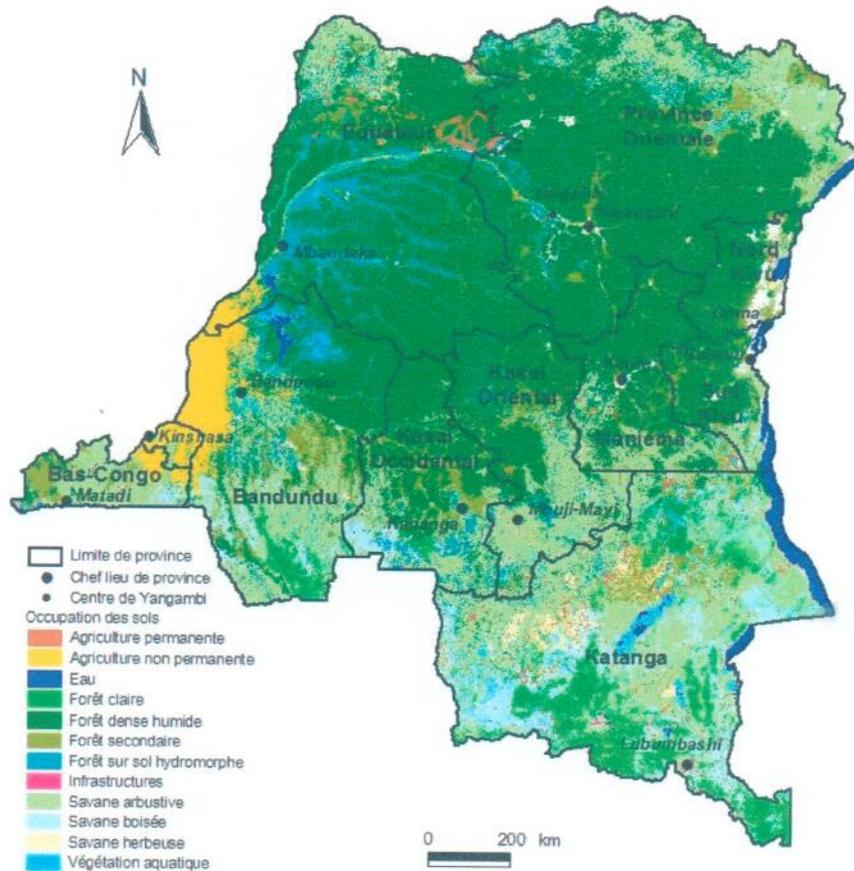


Figure 2.3 - RDC : carte d'occupation des sols. La légende présente les principales formations végétales. Source des données : Vancutsem & al. (2006), cité par Boyemba (2011).

II.2 Méthodes de collecte des données

II.2.1 Protocole expérimental

L'approche méthodologique de mise en place des parcelles d'inventaire a été basée sur le protocole du projet REDD+ (UNIKIS-PPRGII, 2013). Les parcelles ont été choisies et localisées à priori sur base de la texture du raster SPOT de 2010 et 10 m de résolution. Le présent travail utilise les données de 145 parcelles, sur le total de 300 parcelles de 50 m × 50 m actuellement en cours d'installation sur l'ensemble des strates forestières (forêt primaire, forêt secondaire, jachère) et non forestières (plantation : hévéa, cacao) dans la zone du projet.

L'échantillonnage a été dirigé (orienté), puis aléatoire en tenant compte non seulement de l'hétérogénéité observée dans le massif forestier et de la superficie des strates mais aussi des critères d'accessibilité et de représentativité de la zone du projet. Ainsi sur les 145

parcelles, 62 (15,5 ha) se trouvent dans la forêt dégradée (jachères de tout âge, forêt secondaire), 2 (0,5 ha) en forêt primaire mono-dominante à *Gilbertiodendron dewevrei*, 19 (4,75 ha) en forêt primaire mixte sur terre ferme et 62 (15,5 ha) en forêt primaire mixte sur terre hydromorphe. Notons également que par rapport au fleuve Congo et aux villages cibles, 37 parcelles se trouvent sur la rive droite du fleuve Congo dans les forêts de LILANDA et 108 sur la rive gauche dans les forêts de YALOSUNA et YATUMBO (figure 2.4).

Sur chaque parcelle de 0,25 ha, l'ouverture systématique des layons de bordure ($4 \times 50 \text{ m} = 200 \text{ m}$) a permis de matérialiser la parcelle. Le comptage a eu lieu sur l'ensemble de la parcelle ($50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$), tous les arbres à $d_{hp} \geq 10 \text{ cm}$ (diamètre à hauteur de la poitrine, soit 1,30 m du sol) ont été identifiés et mesurés (mesure de circonférence). La circonférence des arbres doit être mesurée à 1,30 m du sol en général ou, le cas échéant, au-dessus des contreforts ou d'un gros défaut, à l'aide d'un ruban métrique. La hauteur de mesure est matérialisée sur l'arbre par un trait de peinture.

Pour éviter le problème de précision de mesure et d'identification botanique des espèces lors d'une probable seconde campagne d'inventaire, notamment celui d'arbre tombé et/ou sentier en partie effacé ; l'usage des marques de peinture sur l'arbre à l'endroit par lequel le ruban circonférentiel est passé et à hauteur de mesure de la circonférence est fait. D'où le caractère semi-permanent de ces parcelles d'inventaire forestier.

Enfin, un positionnement très précis de la parcelle a été effectué à l'aide d'un GPS de haute précision (Garmin 60 CSX) aux quatre coins et au centre. Cela a permis notamment la reclassification de la parcelle dans chaque type de forêt (strate forestière) très précisément.

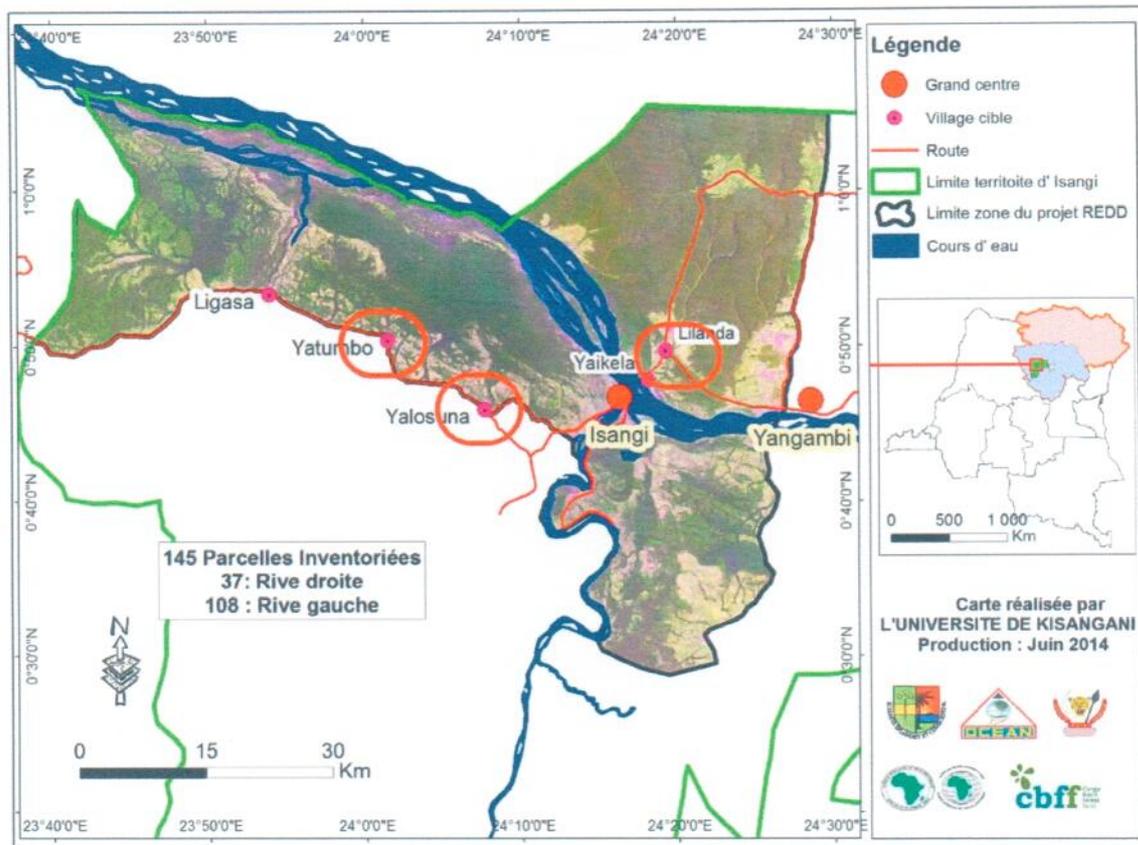


Figure 2.4 – Localisation de villages cibles dans lesquels les 145 parcelles d’inventaire forestier dans la zone du "Projet Pilote REDD Géographiquement Intégré d’ISANGI" (PPRGII) ont été installées.

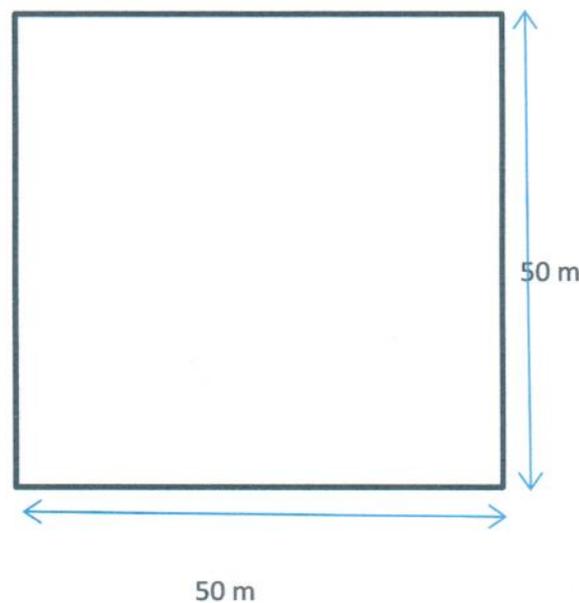


Figure 2.5 – Dispositif expérimental de collecte des données (comptage et mesures des arbres à $dhp \geq 10$ cm).

II.2.2 Identifications botaniques

Les arbres mesurés ont été déterminés, pour la plupart, sur le terrain avec des récoltes systématiques de feuilles, de fleurs et/ou de fruits lorsque cela était possible. L'identification de l'espèce a été faite sur base de la tranche (couleur, odeur), des caractéristiques de l'écorce, des feuilles et éventuellement des fleurs et des fruits pour les arbres en dehors des parcelles. Un herbier a été confectionné et contient systématiquement 4 spécimens par espèce. La détermination botanique s'est poursuivie au Laboratoire d'Ecologie et Aménagement Forestier (LECAFOR) et à l'Herbarium de l'Université de Kisangani (UNIKIS) pour les espèces posant problème. Les Flores (Volume I à V) de Lebrun & Stork (2008), les critères décrits par Letouzey (1982) et les caractéristiques d'architecture générale (Hallé, 2004), ont été utilisés pour la détermination.

II.2.3 Densité du bois

La base de données internationales (DRYAD) fournit les densités spécifiques des bois d'espèces selon leur zone géographique (Zanne & al., 2009; Chave & al., 2009). Toutefois, il subsiste un manque d'informations sur la densité du bois de nombreuses espèces africaines.

La densité du bois à l'échelle du genre peut être estimée à partir de la moyenne de la densité du bois des espèces qui le compose (Slik, 2006). Ainsi, une moyenne de la densité du bois des espèces a été calculée au niveau de chaque genre. Pour les genres n'ayant pas de densités dans la base de données, la valeur moyenne de tous les genres pour le site a été attribuée.

II.3 Méthodes d'analyse des données

II.3.1 Analyse des données floristiques

1. Analyse non symétrique de correspondance

Afin de mettre en évidence les différences floristiques entre les différentes parcelles, nous avons réalisé une analyse non symétrique de correspondance (NSCA) sur un tableau d'abondance croisant parcelles \times espèces. Le NSCA permet de résumer le tableau en déterminant les principaux axes de structuration qui fournissent une bonne approximation

de la réponse des espèces à un facteur du milieu (Legendre & Legendre, 1998). Les axes fournis par le NSCA peuvent être interprétés chacun comme une dimension de séparation ou de variabilité inter ou intrazones.

2. Les indices de diversité

a. Indice de diversité de Shannon H'

L'indice de diversité (H') de Shannon (1948) a été calculé. Il s'agit d'un indice couramment utilisé pour apprécier l'hétérogénéité et la diversité d'un biotope (Adou & al., 2007 ; Kouamé & al., 2008). Il se calcule en utilisant la formule suivante: $H' = -\sum (n_i/N) \times \ln(n_i/N)$ où n_i est le nombre d'individus d'une espèce i et N le nombre total des individus de toutes les espèces du biotope considéré. L'équilibre entre les espèces, qui donne une valeur forte de H' , est considéré comme ce qui caractérise une bonne biodiversité, susceptible de se maintenir durablement (Adou, 2005). Cet indice a été calculé pour chaque type forestier.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\ln(p_i))$$

Où

s = nombre total d'espèces.

b. Indice de diversité de Simpson D

Pour mesurer la diversité spécifique à partir d'une liste d'espèces et leurs fréquences associées, l'indice de Simpson (1949), cité par Rennolls & al., (2006), a été utilisé. Cet indice rend compte de l'abondance d'une ou quelques espèces. Il n'est pas entièrement indépendant de la taille de l'échantillon et est fortement dépendant du nombre d'espèces rares (Rennolls & al., 2006). La diversité des groupements utilisés pour comparaison a pu être estimée grâce à cet indice qui a été calculé pour les différents types forestiers. La comparaison de ces indices nous a permis d'estimer l'homogénéité de formations effectuées. Cet indice se calcule de la manière suivante :

$$D = 1 - \left(\frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

c. Indice de diversité Fisher-alpha

L'indice de diversité alpha de Fisher (α) a été calculé afin de comparer la diversité de nos types forestiers d'étude entre elles et avec d'autres peuplements étudiés par d'autres auteurs dans la région de Kisangani. Cet indice a l'avantage d'être peu sensible à l'effort d'échantillonnage et de ne nécessiter que la connaissance du nombre total d'individus d'une communauté forestière et du nombre d'espèces correspondant (Leigh & al., 2000, Boyemba, 2011). Il se calcule de la manière suivante :

$$S = \alpha \ln \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right)$$

Où

N = nombre total d'individus ;

S = nombre total d'espèces ;

α = diversité alpha de Fisher.

2.3.2 Analyse des données structurales

1. Surface terrière

Le diamètre relevé sur les arbres a permis de calculer la surface terrière des individus des types forestiers étudiés et d'établir la distribution des tiges en classes de diamètre de 10 cm. Afin de comparer les structures diamétriques dans différents types forestier d'inventaire ; 8 classes de diamètre ont été constituées pour chacun de types forestier. Les dernières classes regroupent toutes les tiges à $d_{hp} \geq 80$ cm.

La Surface terrière est définie comme la surface occupée par le tronc à 1,30 m du sol. Elle a été calculée pour chaque individu à partir de la formule :

$$G = \frac{\pi D^2}{4} (2) \text{ (Gounot, 1969) où } D : \text{ diamètre à 1, 30 m du sol (où la hauteur de la poitrine)}$$

2. Indice des valeurs d'importance

Afin de déterminer les espèces dominantes pour chaque type forestier d'étude, nous avons calculé l'Indice de Valeur d'Importance (IVI). Il représente pour chaque espèce i , la

somme de sa densité relative (DR), de sa surface terrière relative (DoR) et de sa fréquence relative (FR) varie entre 0 et 300. Cet indice permet de classer les espèces par ordre de leur importance (Curtis & al., 1950 cités par Boyemba, 2011). Elle se calcule par la formule suivante :

$$IVI (i) = DR (i) + DoR + FR$$

a. Abondance relative des espèces

L'abondance relative d'une espèce correspond au nombre d'individus de la même espèce divisé par le nombre total d'individus dans l'échantillon multiplié par 100.

$$p_i = \frac{n_i}{N_i} \times 100$$

Où

- i* = une espèce du milieu d'étude ;
- n_i* = nombre d'individus pour l'espèce "i" ;
- N_i* = nombre total d'individus de toutes les espèces ;
- p_i* = abondance relative de l'espèce "i".

La densité relative d'une espèce (%) est le nombre de pieds d'une espèce, ramené au nombre de pieds total et multiplié par 100.

b. Dominance relative des espèces

La dominance relative d'une espèce est le rapport de la surface terrière de cette espèce à la surface terrière totale multipliée par 100.

$$Do_i = \frac{\sum_{a=1}^n g_a}{G_i} \times 100$$

Où

- g_a* = surface terrière de l'arbre *a* ;
- n* = nombre total d'arbres de l'espèce *i* ;
- G_i* = surface terrière totale d'individus de toutes les espèces ;
- Do_i* = dominance relative de l'espèce "i".

c. Fréquence relative

La fréquence d'une espèce est égale au nombre d'apparition de cette espèce sur la surface d'inventaire.

La fréquence relative d'une espèce est égale au quotient de la fréquence par la somme de fréquences de toutes les espèces et multipliée par 100 (Curtis & McIntosh, 1950).

$$\text{Fréquence relative d'une espèce} = \frac{\text{fréquence d'une espèce}}{\sum \text{des fréquences de toutes les espèces}} \times 100$$

3. Estimation de la biomasse aérienne

La biomasse aérienne (AGB) a été déterminée à partir d'une équation allométrique applicable pour les espèces végétales des forêts tropicales. L'équation considérée dans la présente étude utilise deux données d'entrée qui sont le dhp et la densité du bois.

$$(AGB)_{est} = \varphi * \exp(-1,183 + 1,940 * \ln(D) + 0,239 * (\ln(D))^2 - 0,0285 * (\ln(D))^3) \text{ (Fayolle \& al., 2013) (3)}$$

De façon générale, la densité (φ) de bois est prédite à partir de l'espèce (CTFS Wood Density Swenson, 2014; <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e0c.htm>). Dès lors que les arbres inventoriés ne sont pas identifiés ou si l'espèce relevée n'a pas une densité connue, il faut une stratégie de remplacement de valeurs manquantes. Habituellement, cette stratégie est soit taxinomique (utilisation d'information taxinomique incomplète : genre, famille,...) soit locale (densités de bois des arbres proches). (Gourlet-Flaury & al., 2011 ; Quentin, 2012).

Pour tester les différences de biomasse entre les différents types forestiers, nous avons réalisé des analyses de variance à un seul facteur. La différence est significative entre les groupements végétaux si la p-value est inférieure à 0,05. Pour ce paramètre testé, la valeur du p et celle de ddl (degré de liberté) sont données.

CHAPITRE III. RESULTATS

III.1 Analyse floristique

III.1.1 Peuplements forestiers identifiés

Pour mettre en évidence les affinités floristiques entre les parcelles forestières dans l'entité forestière en étude, une analyse non symétrique de correspondance (NSCA) a été faite. De cette analyse, quatre types forestiers s'individualisent. Les deux premiers axes de cette analyse réalisée sur le tableau parcelle × espèce expriment environ 50 % de l'inertie totale, c'est-à-dire que 50 % de l'information du tableau des données est contenue dans les deux premières dimensions (figure 3.1). L'axe 2 sépare les espèces caractéristiques de la forêt dégradée et de la forêt mixte sur terre ferme alors que l'axe 1, les séparent de deux autres types forestiers. Tandis que les deux axes (1 et 2) font apparaître une certaine variabilité pour l'ensemble de formation d'étude. L'axe 1 est plus tiré par deux espèces mieux représentées sur le deuxième axe, typique de forêt dense dans la région de la Tshopo : *Cola griseiflora* et *hymenocardia ulmoides*.

Notons que le fleuve Congo a joué un rôle très important dans la variabilité des espèces ainsi qu'à la distribution des types forestiers identifiés (Figure 3.2).

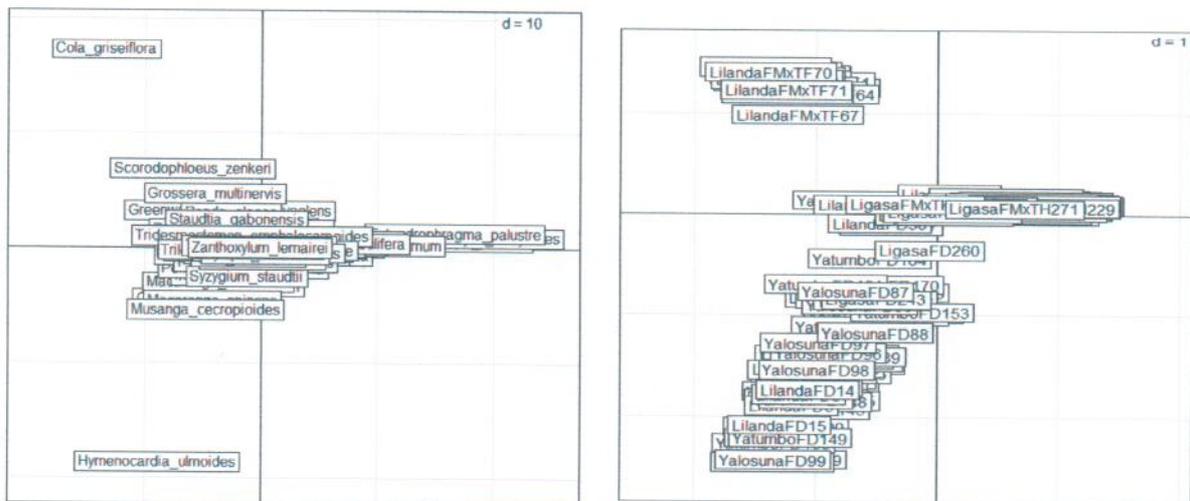


Figure 3.1 - Ordination des espèces végétales et des villages d'inventaire par NSCA

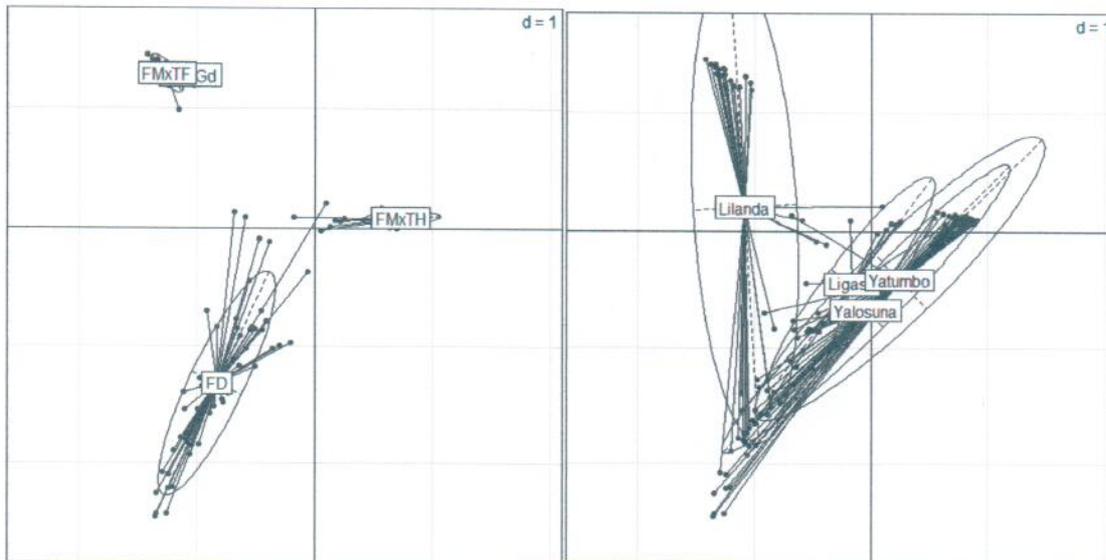


Figure 3.2 - Ordination NSCA des types forestiers étudiés.

III.1.2 Richesse floristique

Au total 13659 individus (pour l'ensemble des peuplements forestiers étudiés) ont été inventoriés : 2346 pour les forêts primaires mixtes sur terre ferme ; 7587 pour les forêts mixtes sur terre hydromorphe ; 175 pour les forêts primaires mono-dominantes ; 3551 pour les forêts dégradées (jachères et forêt secondaire). Ils sont répartis respectivement dans 151 espèces, 184 espèces, 28 espèces et 201 espèces.

Scorodophloeus zenkeri (30,49), *Entandrophragma palustre* (34,99), *Gilbertiodendron dewvrei* (102,08) et *Hymenocardia ulmoides* (20,04), respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewvrei* et la forêt dégradée; certaines de ces dernières sont des espèces de forêt marécageuse et de galerie forestière indicatrices de stade avancé ou climax d'un peuplement; sont les plus importantes pour les différents types forestiers étudiées (tableau 3.1).

Tableau 3.1 –Les cinq espèces les mieux représentées dans de quatre types forestiers étudiés.

Forêt primaire mixte sur terre ferme				
Sp	AbRel	DoRel	FR	IVI
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	8,35	19,85	2,29	30,49
<i>Cola griseiflora</i>	19,01	5,30	2,41	26,73
<i>Panda oleosa</i>	4,01	4,85	2,41	11,27
<i>Grossera multinervis</i>	6,27	2,48	2,03	10,78
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	4,31	6,40	1,91	12,61
Forêt primaire mixte sur terre hydromorphe				
<i>Entandrophragma palustre</i>	10,35	21,21	3,43	34,99
<i>Carapa procera</i>	13,40	10,11	3,74	27,25
<i>Coelocaryon botryoides</i>	12,43	8,43	3,68	24,54
<i>Symphonia globulifera</i>	4,23	12,24	3,49	19,97
<i>Pycnanthus marchalianus</i>	2,43	6,07	2,81	11,30
Forêt monodominante à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>				
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	33,71	62,48	5,88	102,08
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	13,71	11,45	5,88	31,05
<i>Prioria oxyphylla</i>	8,57	10,23	5,88	24,68
<i>Monodora angolensis</i>	9,71	1,80	5,88	17,40
<i>Garcinia epunctata</i>	8,57	1,30	5,88	15,76
Forêt dégradée (jachères et forêt secondaire)				
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	9,41	8,65	2	20,04
<i>Musanga cecropioides</i>	6,22	8,23	2,8	17,27
<i>Macaranga monandra</i>	5,10	3,44	3,8	12,29
<i>Macaranga spinosa</i>	5,35	3,54	3,2	12,13
<i>Cecropia leucocoma</i>	5,66	2,68	2,3	10,63

2. Les familles représentatives

Les familles les plus représentées en espèces en fonction des différents types forestiers inventoriés sont affichées sur les figures 3.3 ci-dessous.

La lecture de ces figures montre la plus grande représentativité des Malvaceae, des Meliaceae, des Fabaceae et Euphorbiaceae respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *Gilbertiodendron* et forêt dégradée.

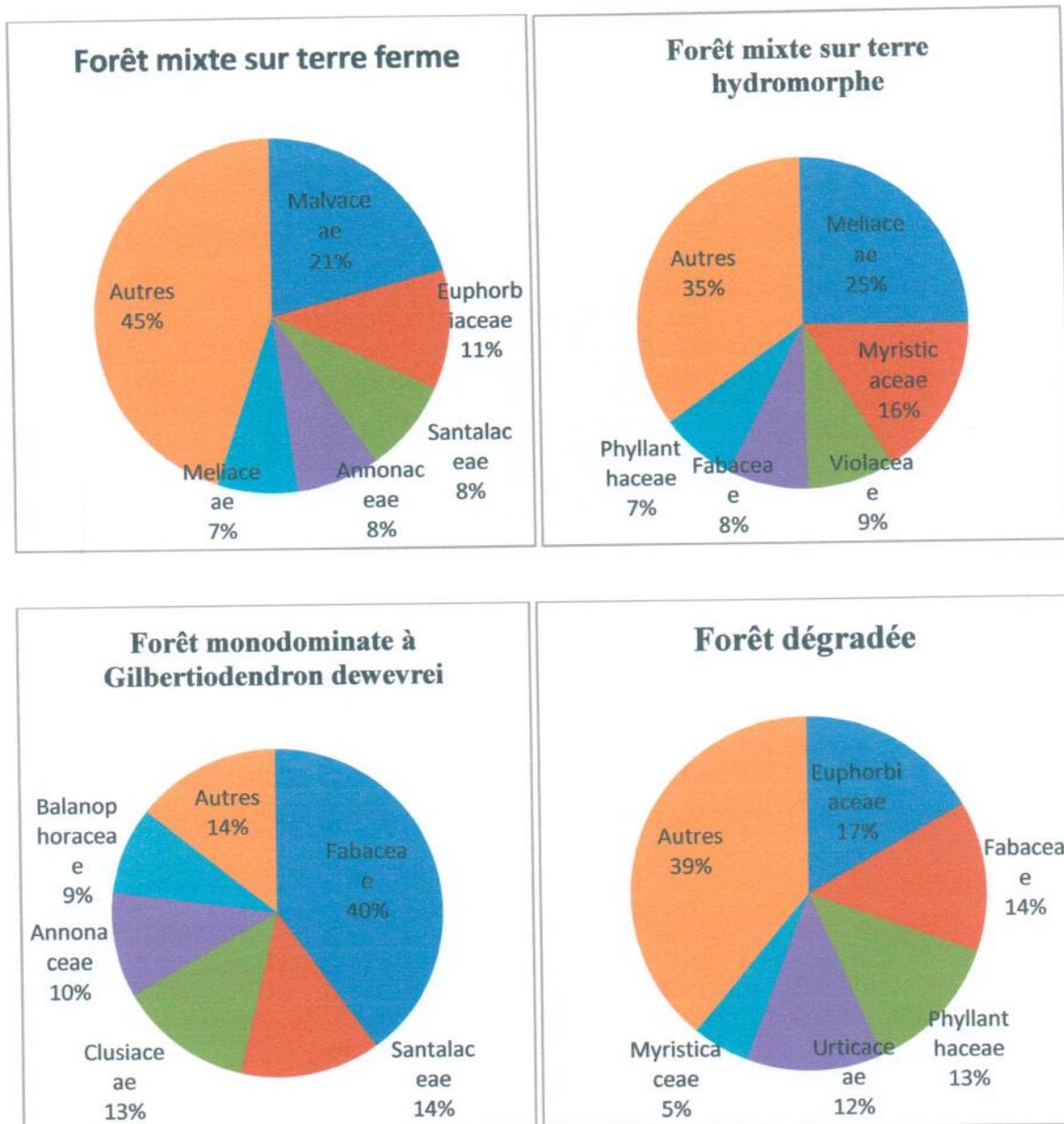


Figure 3.3- Les cinq familles les mieux représentées dans chaque type forestier étudiée.

3. Indices de diversité

Les indices calculés pour chaque type forestier d'étude montrent que spatialement la diversité spécifique est élevée. Les valeurs des indices de Simpson, de Shannon – Weaver et de Alpha-Fisher peuvent être interprétées comme résultant de l'effet de l'accroissement de la densité floristique qui s'accompagne généralement d'un accroissement de la diversité spécifique.

Tableau 3.2 - Indices de diversités calculés pour chaque type forestier d'étude. N : nombre ; S : espèce ; Ind. : individus ; Ha : hectare ; F_D : Forêt dégradée ; F_PMoGd : Forêt monodominante à *G.dewevrei* ; F_PMxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F_PMxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

T.F	Ha	N.Ind.	N.S	N.Genres	N.Famille	H'	D	α
F_MxTF	4,75	2357	148	97	34	3,8	0,97	35,11
F_MxTH	15,5	7586	180	120	38	3,5	0,94	33,09
F_MoGd	0,5	174	25	23	14	2,3	0,84	8,00
F_D	15,5	3542	198	145	44	4,2	0,97	45,29

III.2 Structure des peuplements forestiers étudiés

III.2.1 Densité et surface terrière

Les moyennes de densité obtenues dans nos différentes formations végétales d'étude sont de 494 arbres/ha, 490 arbres/ha, 350 arbres/ha et 229 arbres/ha respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, dans la forêt mixte sur terre hydromorphe, dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* et dans la forêt dégradée. Les différences de densité et de surface terrière sont significatives entre les différentes formations ($F = 37,731$; $p\text{-value} = 2,2E-16^{***} < 0,05$; $ddl = 3$ pour la densité et $F = 130,45$; $p\text{-value} = 2,2E-16^{***} < 0,05$; $ddl = 3$ pour la surface terrière). Les figures 3.4 et 3.5 montrent respectivement la dispersion des valeurs de densité et de surface terrière pour chaque formation étudiée.

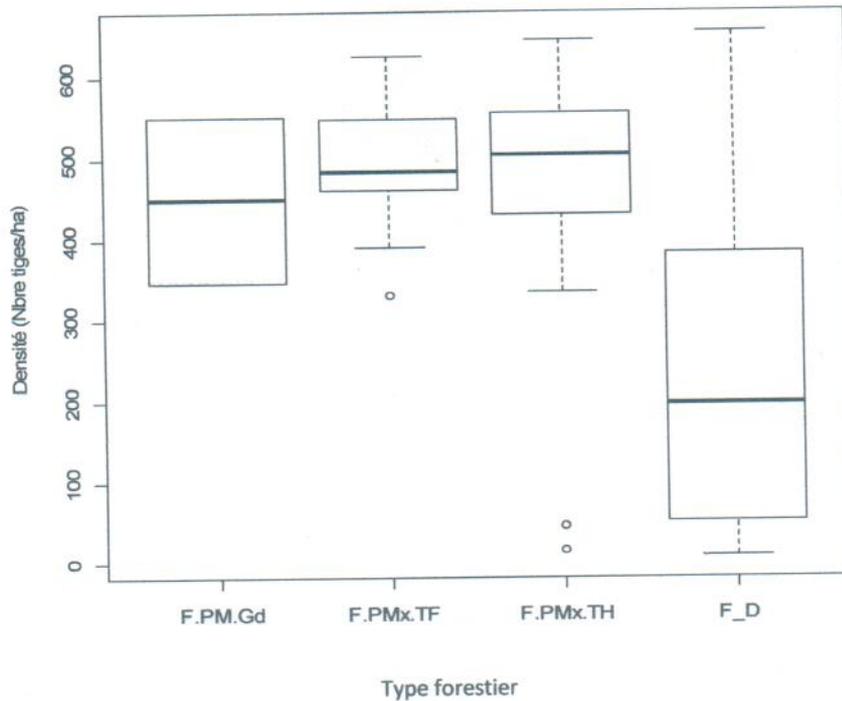


Figure 3.4-Dispersion des valeurs de densité pour les peuplements de chaque parcelle étudiée. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des densités, la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la densité moyenne, la barre basse indique la densité minimale et la barre haute indique la densité maximale.

Légende : F_D : Forêt dégradée ; F.PMoGd : Forêt monodominante à *G.dewevrei* ; F.PMxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F.PMxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

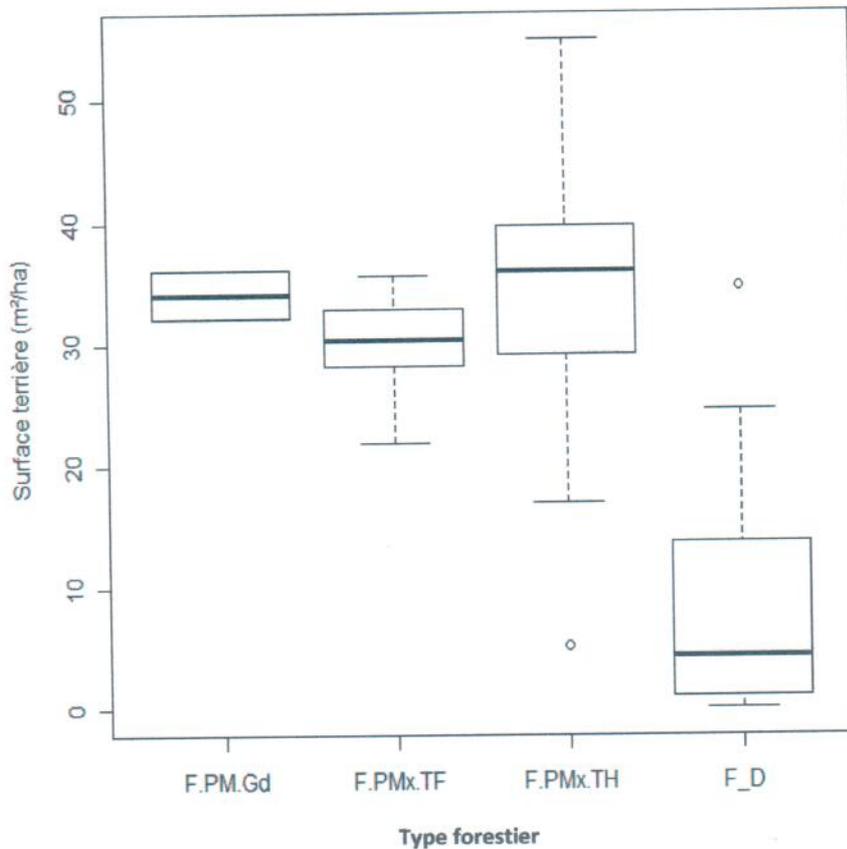


Figure 3.5 - Distribution des valeurs de surface terrière pour les peuplements de chaque parcelle étudiée. La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des surfaces terrières, la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la surface terrière moyenne, la barre basse indique la surface terrière minimale et la barre haute indique la surface terrière maximale.

Légende : F_D : Forêt dégragée ; F.PMoGd : Forêt monodominante à *G.dewevrei* ; F.PMxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F.PMxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

III.2.2 Structure diamétrique

En tenant compte de la variation de la densité des individus par rapport aux classes de diamètres (figure 3.6) dans les types forestiers étudiés, on constate que la densité des individus diminue avec l'augmentation du nombre des classes de diamètre.

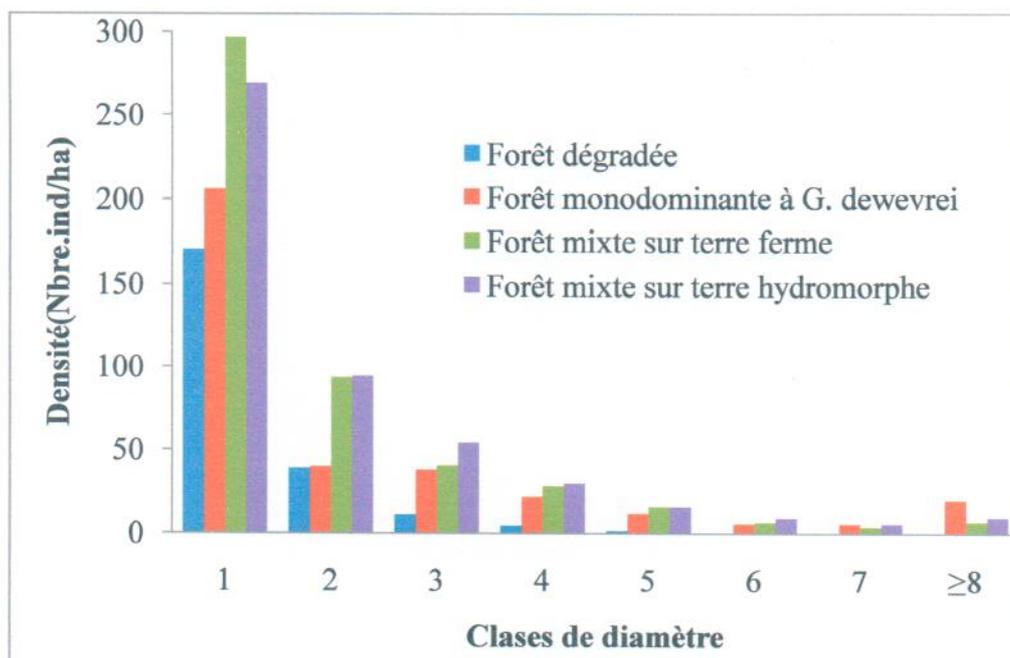


Figure 3.6- Variation de la densité en fonction des classes de diamètre dans les quatre types forestiers.

III.3 Estimation de la biomasse

Pour un total de biomasse aérienne de $67,77 \pm 98,16$ t/ha pour la forêt dégradée, $562,83 \pm 82,87$ t/ha pour la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*, $407,93 \pm 75,54$ t/ha pour la forêt mixte sur terre ferme et de $401,96 \pm 113,998$ t/ha pour la forêt mixte sur terre hydromorphe, l'analyse statistique montre une différence de biomasse entre les groupements identifiés ($F = 130,45$; ddl = 3 ; p-value = $2,2E-16^{***}$).

Toute fois dans chacun de groupements identifiés, certaines valeurs de biomasse semblent s'écarter de la moyenne. Ceci démontre une forte variabilité de la biomasse au sein d'un même type forestier et entre les différents types forestiers étudiés dans cette zone forestière (figure 3.7).

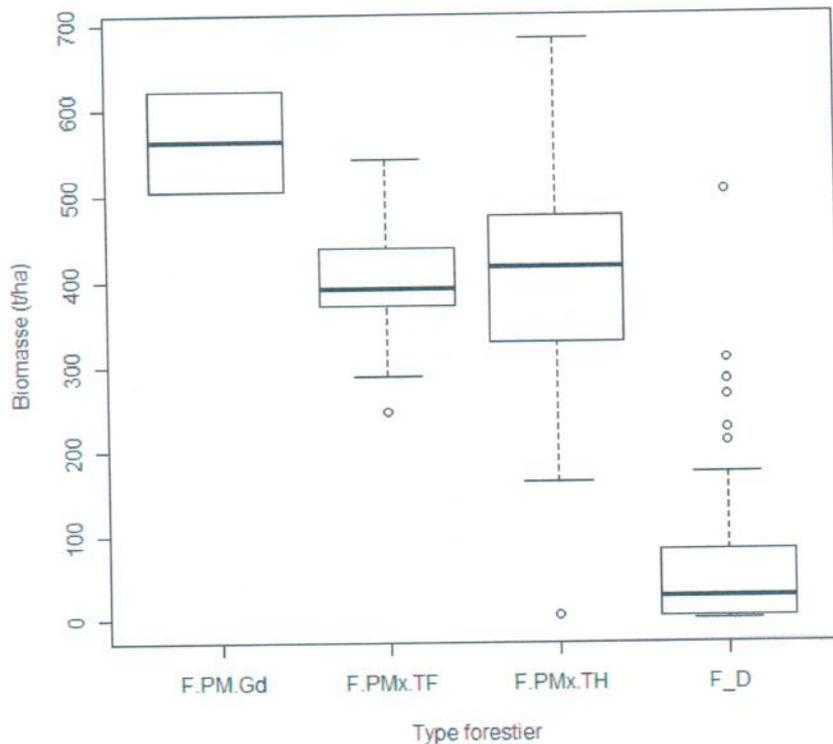


Figure 3.7- Dispersion des valeurs de la biomasse aérienne dans les groupements étudiés d'après le modèle de Fayolle & al., 2013. La boîte représente l'intervalle dans lesquels sont regroupés 50 % des valeurs de biomasse, la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la valeur moyenne de biomasse, la barre basse indique la valeur minimale de biomasse, la barre haute indique la valeur maximale de biomasse et les pointilles indiquent des valeurs inférieures ou supérieures à la moyenne.

F_D : Forêt dégradée ; F.PMoGd : Forêt monodominante à *G.dewevrei* ; F.PMxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F.PMxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

III.3.1 Distribution de la biomasse dans les différentes strates végétales des parcelles d'inventaire (modèle de Fayolle & al., 2013)

La distribution de la biomasse dans les différentes strates végétales des peuplements trouvés montre une accumulation importante de la biomasse dans la strate supérieure (Figure 3.8).

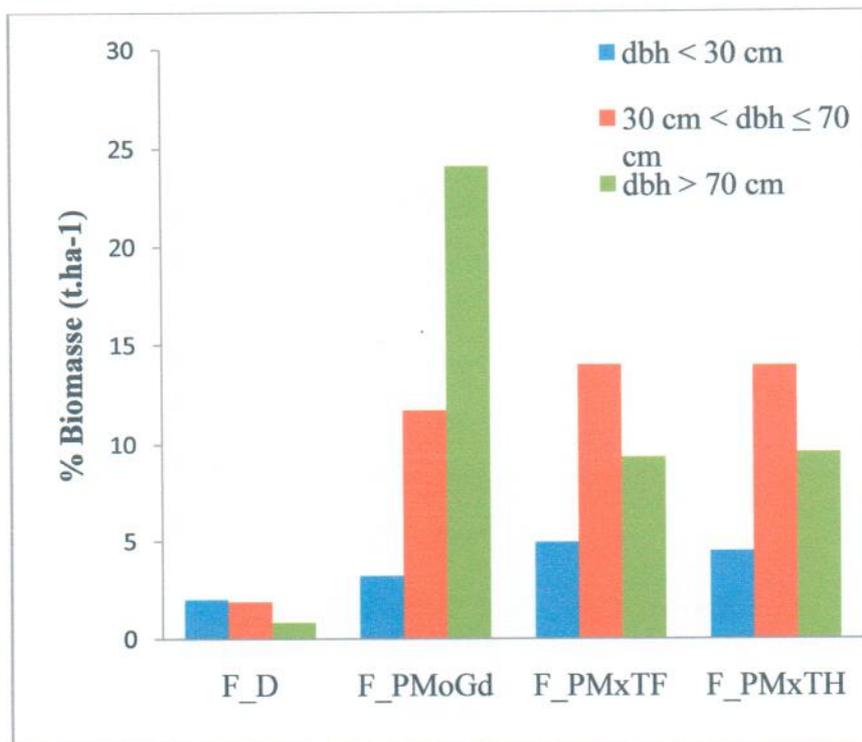
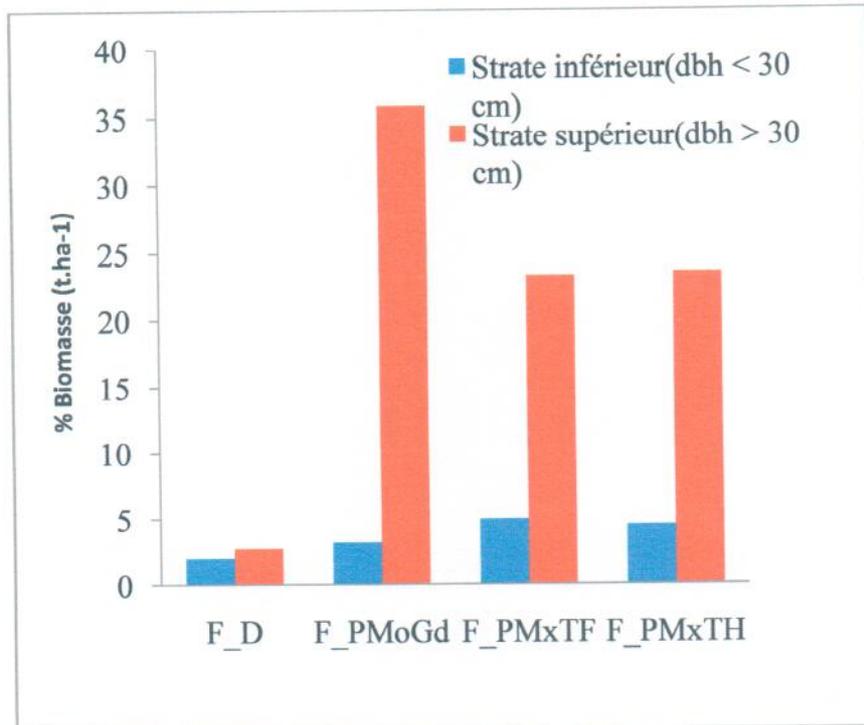


Figure 3.8- Distribution de la biomasse dans les différentes strates des types forestiers étudiés.

Légende : F_D : Forêt dégradée ; F_PMoGd : Forêt monodominante à *G.dewevrei* ; F_PMxTF : Forêt mixte sur terre ferme ; F_PMxTH : Forêt mixte sur terre hydromorphe.

La distribution de la biomasse aérienne dans les différentes classes de diamètres montre une variation de cette dernière. On remarque sur la figure 3.9 que, dans les quatre types forestiers étudiés, la biomasse croît avec l'augmentation du diamètre.

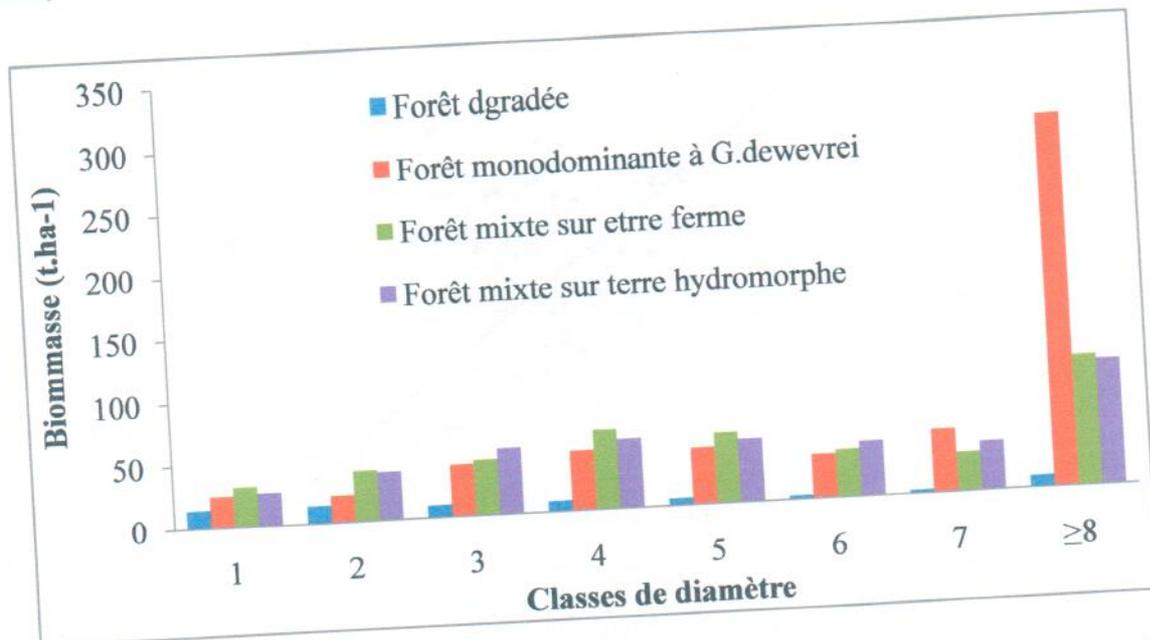


Figure 3.9- Variation de la biomasse en fonction des classes de diamètre dans les quatre types forestiers étudiés.

III.4 Etudes des corrélations pour l'ensemble des groupements forestier

Les figures ci-dessous montrent une corrélation positive entre la biomasse et la richesse spécifique (figure 3.10), la biomasse et la densité (figure 3.11) ainsi que la biomasse et la surface terrière (figure 3.12). La corrélation est plus forte entre la biomasse et la surface terrière tandis qu'entre la biomasse et la densité, elle est plus faible.

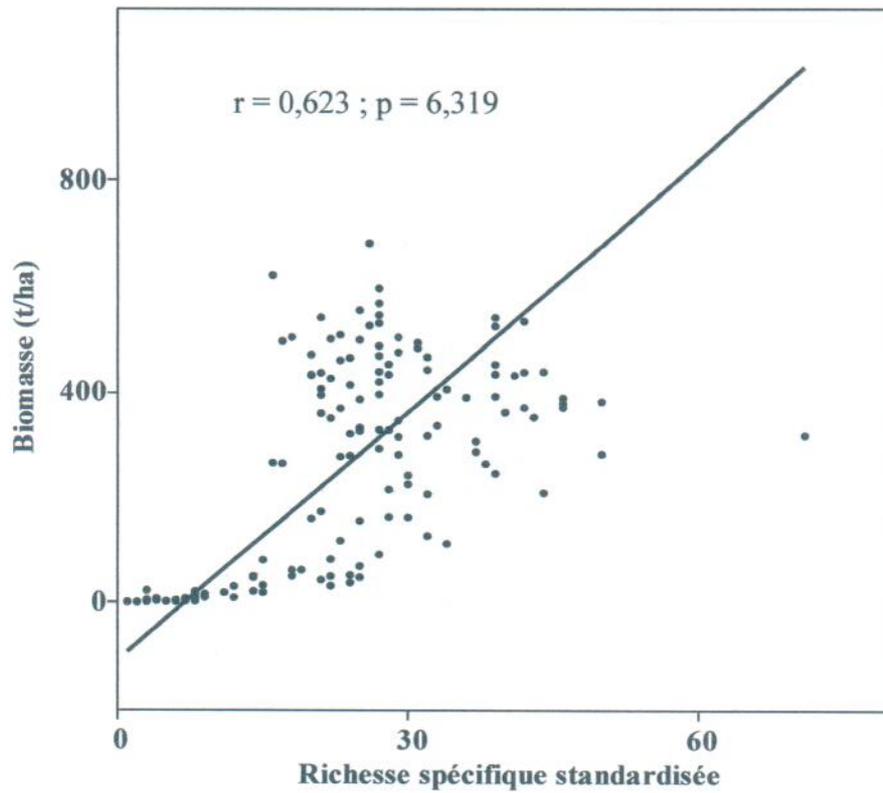


Figure 3.10 - Corrélation entre la biomasse et la richesse spécifique standardisée

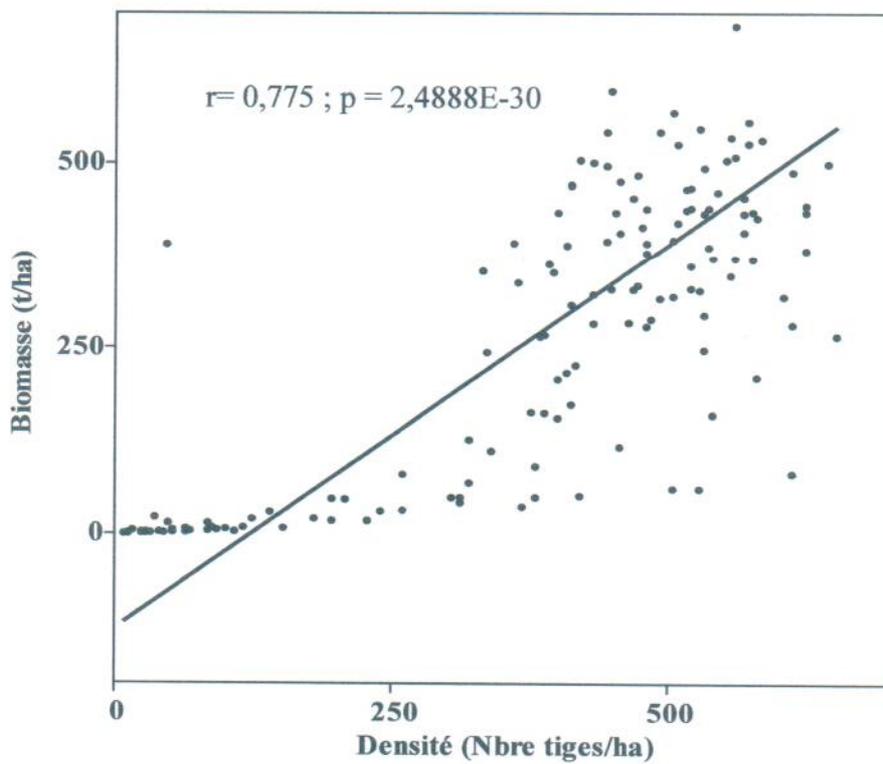


Figure 3.11 - Corrélation entre la biomasse (t/ha) et la densité (tiges/ha).

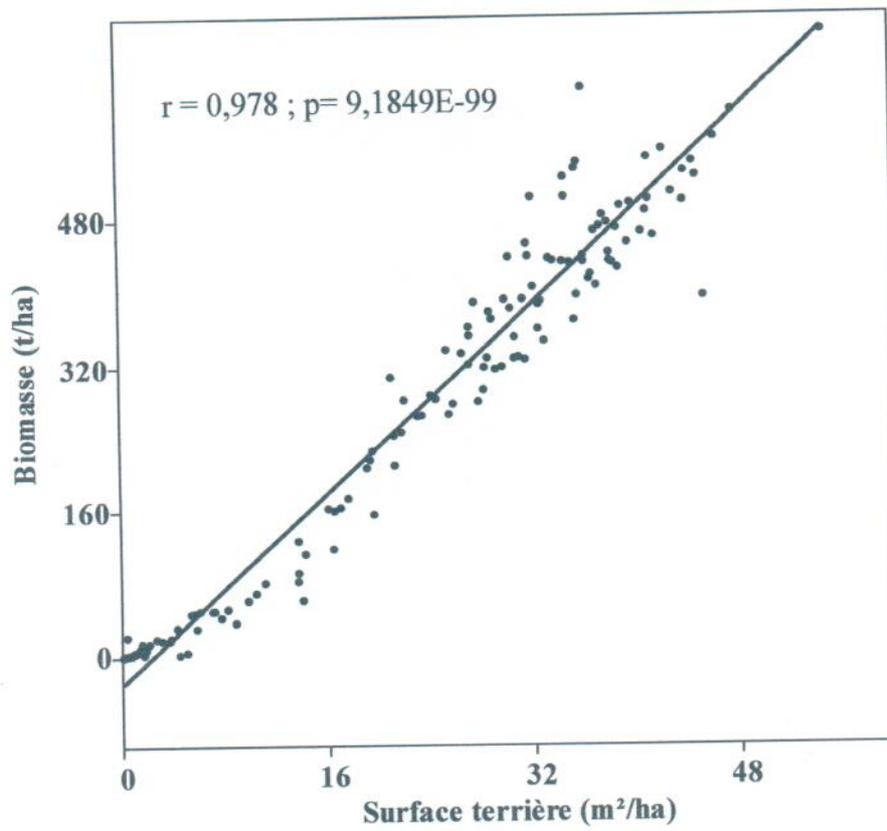


Figure 3.12 - Corrélation entre la biomasse (t/ha) et la surface terrière (m²/ha).

Chapitre IV : DISCUSSION

IV.1 Existence de la variabilité floristique et structurale au sein des peuplements forestiers étudiés

IV.1.1 Présence de la variabilité floristique

Dans l'ensemble des peuplements forestiers, l'IVI des peuplements issus de NSCA la dominance de certaines espèces dont *Scorodophleus zenkeri* (30,49), *Entandophragma palustre* (34,99), *Gilbertiodendron dewevrei* (102,08) et *Hymenocardia ulmoides* (20,40), respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewvrei* et forêt dégradée; la représentativité des espèces propres par type forestier étant très faible. Les familles dominantes sont celles de Malvaceae (21 %), Meliaceae (25 %), Fabaceae (40 %) et Euphorbiaceae (17 %) dans la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewvrei* et forêt dégradée.

La famille dominante dans la zone d'étude est celle des Fabaceae, constat fait également par Nusbaumer & al., (2005) dans la forêt classée du Scio en Côte d'Ivoire.

Par contre, dans les forêts sud-américaines, les données compilées de divers auteurs par Loizeau (1992) cité par Nusbaumer & al. (2005) font état des Moraceae comme famille dominante, suivie des Chrysobalanaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Lecythidaceae et enfin Fabaceae.

Lomba (2007) a inventorié dans les peuplements hétérogènes de Yoko, 183 espèces et 37 familles. Dans la forêt de terre ferme de l'île Mbiye, Nshimba (2008) a recensé 183 espèces alors que Loris (2009) a inventorié, sur une superficie de 3 ha dans la forêt secondaire vieille de Masako, 143 espèces regroupées en 34 familles.

En République Centrafricaine, Beina (2011) a inventorié dans le dispositif de Mbaïki sur 32 ha, 666 espèces, 99 familles ; et dans la forêt de terre ferme au sud-est du Cameroun, Kouob (2009) a obtenu 321 espèces appartenant à 54 familles.

De manière générale, la diversité spécifique d'une forêt varie avec la surface et le type de peuplement considéré. A l'échelle locale et dans les forêts monodominantes, cette diversité est plus faible qu'à grande échelle et dans les forêts hétérogènes ou mixtes. Les forêts les plus riches au niveau spécifique les sont également au niveau des familles (Condit & al., 2005).

Néanmoins, au sein d'un même peuplement forestier, les facteurs écologiques (édaphiques, anthropiques et certaines barrières naturelles) induisent souvent des variabilités dans la composition floristique. Ceci est régulièrement perceptible le long d'un transect traversant des milieux édaphiques souvent contrastés.

En Inde, Pascal (1995) a observé à 5 km de distance au sein d'une même forêt, une réduction de hauteur du peuplement de 10 m et la disparition d'un niveau structural, ce qui peut bien induire une modification aussi bien floristique que structurale de cette forêt.

La perturbation du climat, la pression anthropique et l'abondance des rivières dans la région forestière d'Isangi peut aussi être à la base de cette différence floristique induite à la différenciation des peuplements forestiers.

IV.1.2 Existence de la variation de la structure

1. La variation de la densité entre les types forestiers étudiés

Dans les forêts tropicales, les densités des arbres d'au moins 10 cm de dhp varie entre 300 et 700 arbres. ha⁻¹ (Richards 1996, Kouob, 2009). Les densités moyennes dans les différents peuplements d'inventaire de la présente étude ne sont pas différentes de celles observées dans le domaine Guinéo-congolais (Kouka, 2002 ; Makana, 2004 ; Tchouto & al., 2006 ; Kouob, 2009). Les moyennes de densité obtenues dans nos différentes formations végétales d'étude sont de 494 arbres/ha, 490 arbres/ha, 350 arbres/ha et 229 arbres/ha respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme, dans la forêt mixte sur terre hydromorphe, dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* et dans la forêt dégradée. Les moyennes de densité obtenues dans les parcelles d'un type forestier varient aussi. Ceci montre la variabilité de la densité au sein d'une même parcelle et entre les types forestiers différents.

2. La variation de la surface terrière entre les types forestiers étudiés

Les moyennes de surface terrière obtenues dans la présente étude sont de 34,37 m²/ha, 34,12 m²/ha, 34,12 m²/ha et 7,51 m²/ha. Les moyennes de surface terrière varient aussi entre les parcelles d'une même formation. Dans la littérature, nous avons constaté que la surface terrière des strates arborescentes (dhp \geq 10 - 30 cm) dans les forêts tropicales est comprise entre 27 et 32 m²/ha (Kouob, 2009). Elle augmente généralement des strates dominées vers les strates dominantes. Pour chacune des types forestiers d'inventaire, la surface terrière dans l'inventaire des arbres de dhp compris entre 10 et 30 cm représente presque la moitié de celle obtenue dans l'inventaire des arbres d'au moins 30 cm. Ceci démontre une bonne reconstitution de la forêt étudiée.

3. L'uniformité de la structure diamétrique entre les types forestiers étudiés

L'étude de la structure diamétrique dans nos quatre types forestiers d'inventaire montre que les individus de petite taille sont beaucoup plus nombreux. Par conséquent, il serait nécessaire d'argumenter l'hypothèse de Rollet, 1978 faisant croire que « dans une forêt naturelle, les diamètres des arbres se conforment à une distribution exponentielle ».

Il est donc tout à fait intéressant de noter que la forêt d'Isangi, à travers nos quatre types forestiers étudiés, correspond effectivement à cette hypothèse : il y a beaucoup d'arbres de petit diamètre et très peu de gros diamètre. Il convient de signaler que parmi les types forestiers étudiés, la forêt monodominante à *Gilbeliodendron dewevrei* présente une abondance de tiges de gros diamètre, ce qui la différencie des autres formations ; soubassement de l'affirmation de notre première hypothèse qui stipule que dans les forêts d'Isangi, il existe une variabilité floristique et structurale (densité, surface terrière, structure de diamètres) entre les types de forêt. Cette abondance pourrait être expliquée clairement par la présence d'un gradient de conditions écologiques plus favorables pour cette parcelle.

IV.2 La variation de la biomasse entre les différents peuplements forestiers étudiés

La biomasse dans les peuplements identifiés est importante pour la forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe et la forêt monodominante à *G.dewvrei*, s'établissant respectivement à peu près de 407,93 t/ha ; 401,96 t/ha et 562,85 t/ha; et très moindre dans la forêt dégradée avec une moyenne de 67,84t/ha.

La discrimination des parcelles forestière basée sur la stratification forestière et le type des substrats (résultats de NMS) a occasionné des différences de biomasses ($F = 130,45$; $ddl = 3$; $p\text{-value} = 2,2E-16^{***}$) entre les peuplements forestiers identifiés. Ceci confirme notre deuxième hypothèse qui stipule qu'il existe de différences de stocks de carbone entre types de forêt.

Une estimation de la biomasse aérienne a été également effectuée pour les 43 placettes inventoriées par Rollet & al. (1986). Une valeur moyenne de 270,75 t/ha a été trouvée pour les 27 parcelles localisées au versant au vent et 334,3 t/ha pour celles localisées au versant sous le vent.

Les moyennes de la biomasse aérienne, sauf pour la forêt dégradée, trouvée dans la présente étude, sont presque similaires aux valeurs obtenus dans la littérature (Ohler, 1980; Poels, 1987; Puig & al., 1990 ; Fearnside, 1997a; Houghton & al., 2000; Keller & al., 2001; Nascimiento & al., 2001; Chave & al., 2001a; Chave & al., 2001b; Henrique & al., 2002; Baker & al., 2004; Asner & al., 2009; Culmsee & al., 2010). Il convient de signaler que la biomasse souterraine n'a pas été mesurée dans cette étude mais elle peut être estimée à partir de travaux publiés. Dans huit études réalisées dans les forêts néo-tropicales et dans le caraïbe examiné par Houghton & al. (2001), la biomasse racinaire est de 21,0% en moyenne (intervalle de 13 à 34%) de la biomasse aérienne. En utilisant cette valeur moyenne, la biomasse des racines dans nos groupements aurait été de 86 t/ha et 84 t/ha, 118 t/ha et 14 t/ha, en moyenne respectivement dans la forêt mixte sur terre ferme et forêt mixte sur terre hydromorphe, forêt monodominante à *G. dewevrei* et forêt dégradée.

IV.3 Présence des relations biomasse-richesse spécifique, densité et surface terrière

Dans les forêts tropicales, les densités des arbres à $d_{hp} \geq 10$ cm varie entre 300 et 700 arbres ha⁻¹ (Richards 1996, Kouob, 2009). Seule la forêt dégradée présente une petite variation à partir de la classe de diamètre ≥ 40 cm et est en plus petite proportion que celle des autres groupements. Ceci montre la variabilité de la densité entre dans les différentes formations étudiées.

Dans la littérature nous avons constaté que la surface terrière de plusieurs parcelles de 1 ha dans les forêts tropicales humides de certains pays du monde est comprise entre 30,7 m²/ha et

45,75 m²/ha (dhp ≥10 cm) (Aiba & al., 1999). Cependant, nos résultats montrent des valeurs de surface terrière fortement inférieures (cas de la forêt dégradée) mais aussi similaire (forêt mixte sur terre ferme, forêt mixte sur terre hydromorphe et forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*) à celles observées dans beaucoup de forêt du monde. Il convient de mentionner que la surface terrière de nos peuplements d'études augmente avec l'augmentation des classes de diamètre. Les deux formations les mieux représentés en termes de valeur de la surface terrière sont la forêt monodominante à *G. dewevrei* (34,12 m²/ha) et la forêt mixte sur terre hydromorphe (34,37 m²/ha). Elle augmente généralement des strates dominées vers les strates dominantes.

Dans le but d'évaluer la corrélation entre biomasse-richesse spécifique, biomasse-densité et biomasse-surface terrière, nous avons réalisé des tests de corrélation pour l'ensemble des peuplements. Pour l'ensemble des paramètres corrélés, les corrélations sont positives ; ce qui certifie l'hypothèse à laquelle il existe des relations entre la biomasse, la richesse et la composition spécifique.

La corrélation est très positive entre la biomasse et la surface terrière ($r = 0,978$). Cette situation se justifie par le fait que, dans l'évaluation de la biomasse, nous avons utilisé une formule utilisant un seul paramètre d'entrée, à savoir le dhp. D'ailleurs, c'est ce paramètre qui intervient dans la formule de la surface terrière.

Dans une étude de la diversité et biomasse aérienne dans les forêts matures du massif de Ngovayang, Gonmadje (2013) a remarqué une corrélation négative entre la biomasse-richesse spécifique, densité surface terrière. Cette corrélation négative a été justifiée par le fait que les parcelles forestières ont été installées dans deux zones phytogéographiques différentes.

En mettant en relief nos résultats et ceux de Gonmadje (2013), nous constatons que le fait d'avoir installé nos parcelles forestières dans une même entité forestière (zone phytogéographique identique), nous amène à obtenir des corrélations positives entre les paramètres précités.

CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

Cette étude avait pour objectif de (i) vérifier la variabilité floristique et structurale (densité, surface terrière, structure de diamètres) entre types forestier (ii) tester la différence de stocks de carbone entre types de forêt et (iii) mettre en évidence les relations entre la biomasse, la richesse et la composition spécifique de la région forestière d'Isangi. Les résultats de la présente étude ont permis de montrer que des influences environnementales (hydrographie et le substrat) se marquent à une échelle plus large que l'influence du cycle sylvigénétique. Les variations dans la structure et la composition floristique induites par la distance de localisation des parcelles se sont produites à une échelle plus large. Ce qui démontre que la distance géographique entre les parcelles est un facteur important dans la variation de la composition floristique et structurale.

A part la variabilité observée dans la structure de ce peuplements forestiers, il convient de mentionner aussi l'importance de la strate supérieure (arbres à dhp ≥ 30 cm) dans l'accumulation de la biomasse, avec près de 85 % de la biomasse épigée stockée pour chacune de quatre formations d'inventaire. L'approche par analyses multivariées utilisée dans la présente étude pour illustrer les affinités floristiques entre les parcelles proches et distantes, bien que relativement simple, permet de tirer rapidement des conclusions sur les variations dans la composition floristique d'une forêt établie sur un même substrat ou pas. Il est donc intéressant d'utiliser cette approche pour mieux apprécier les affinités floristiques de différents groupes d'espèces afin d'affiner l'analyse globale effectuée ici.

On note l'existence d'une corrélation positive entre la biomasse et la richesse spécifique standardisée.

En termes de suggestions, disons qu'il est nécessaire de standardiser davantage les protocoles en termes d'installations des parcelles forestières pour un meilleur suivi de la biomasse épigée et pour faciliter les comparaisons entre les différents groupements forestier de cette région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aiba, S. and Kitayama, K., 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology* 140, 139–157.
- Adou Yao, C.Y., Bloom, E.C., Dengueadhé, K.T.S., Van Rompaey R.S.A.R., N'Guessan, E.K., Wittebole, G. & Bongers, F. 2005. Diversité floristique et végétation dans le Sud du Parc National de Tai, Côte d'Ivoire. Tropenbos International et ECOSYN
- Amani, I. A. C., 2011. Vegetation patterns and role of substrate heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo basin. Thesis, Brussels Libre University, Belgium, 215 p.
- Asner G. P., Hughes R. F., Varga T. A., Knapp D. E. and Kennedy-Bowdoin T., 2009. Environmental and Biotic Controls over Aboveground Biomass Throughout a Tropical Rain Forest. *Ecosystems* 12, 261–278.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.S., Patinõ, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. & Martínez, R.V., 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* 10, 201–220 pp.
- Beina, D., 2011. Diversité floristique de la forêt dense semi-décidue de Mbaïki, République Centrafricaine. Etude expérimentale de l'impact de deux types d'intervention sylvicole. Thèse doctorale, Université de Picardie, Paris, 218p.
- Blanc, L., Flores, O., Molino, J.-F., Gourlet-Fleury, S., & Sabatier, D., 2003. Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. *Revue Forestière Française (numéro spécial)*, 131–146.

- Boyemba B.F., 2011. Ecologie de *Pericopsiselata*(Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 181 p.
- Calembert J., 1995. Gestion des sols en régions chaudes (contribution au cours de Pédologie tropicale). Gembloux, Belgique, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 28 p.
- Condit R., Ashton P.S., Baker P., Bunyavejchewin S., Gunatilleke S., Gunatilleke N., Hubbell S.P., Foster R.B., Itoh A., Lafrankie J.V., Lee H.S., Losos E. & al., 2005. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288 : 1414-1418.
- Croizer, C; Trefon, T ; Nasi R., 2007. Quel avenir pour les forêts de la République Démocratique Du Congo ? Instruments et mécanismes innovants pour une gestion durable des forêts. Bruxelles, Belgique, Ctb, Reflection and Discussion Paper 2007/01, 83 p.
- Culmsee, H., Leuschner, C., Moser, G. & Pitopang, R., 2010. Forest aboveground biomass along an elevational transect in Sulawesi, Indonesia, and the role of Fagaceae in tropical montane rain forests. *Journal of Biogeography* 37, 960–974 pp.
- Curtis J.T. & McIntosh R.P., 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-455.
- FAO, 2007. Inventaire forestier national du Congo : manuel de terrain, Brazzaville, Département des Forêts, CNIAF, 78p.
- Fayolle, A., Doucet, J-L, Gillet, J-F, Bourland, N. & Lejeune, P. 2013. Tree allometry in Central Africa: Testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management* 305, 29–37 pp.
- Fournier & Sasson (1983). Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique : floristique et typologie, place de Fontenoy, 75700 Paris, 473 p. Gembloux, Belgique, 521 p.

- Gourlet, F.S., Rosssi, V., Maxime, R-M, Freycon, V., Fayolle, A., Laurent, S-A, Cornu, G., Gerard, J., Sarrailh, J-M, Flores, O., Baya, F., Billand, A., Fauvet, N., Gally, M., Henry, M., Hubert, D., Pasquier, A. & Picard, N., 2011. Environmental filtering of densewooded species controls above-ground biomass stored in African moist forests, *Journal of Ecology* 2011, 99, 981–990 pp.
- Gounot, M., 1969. Méthode quantitative de la végétation. Ed. Masson & Cie, Paris, 314 p.
- Halle F., 2004. Architectures de Plantes. JPC Edition, 162 p.
- Kombele F.B.M., 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise : cas des séries Yangambi et Yakonde. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des sciences Agronomique de Gembloux, 421p
- Köppen, W., (1936). In: Köppen W. & Geiger R. (Eds). *Das geographische system der klimate. Handbuch der klimatologie*, Berlin.
- Kouob, B.S., 2009. Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 181 p.
- Lebrun, J. & Gilbert, G. 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, Série Sc. N° 63 : 89 p.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. *Numerical ecology*, 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. xv + 853 pp.
- Leigh E.G. & Loo De Lao S., 2000. Fisher's Alpha: measuring tree diversity. *Center for Tropical Forest Science*, 7-12.
- Lejoly & al 2010 *Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (RD Congo)* 343p.
- Letouzey, R. 1968. *Etude phytogéographie du Cameroun*. Le Chevalier, Paris, 511 p.

- Lomba, C., 2007. Contribution à l'étude de phytodiversité à la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD. Congo). Mémoire de D.E.S, Fac. des sciences, Unikis, 60p.
- Lomba, B-L., 2011. analyses des systèmes d'agrégation et des structures diamétriques en fonction des tempéraments de vingt essences importantes dans les dispositifs permanents de la réserve forestière de Yoko et de la forêt de biaro (ubundu, R.D. congo), Thèse de doctorat, UNIKIS, 261 p.
- Loris, D., 2009. Analyse de la diversité floristique dans les diverses strates des forêts denses de Masako (Kisangani, R.D. Congo), Mémoire DES, Fac. des sciences, Unikis, 106p.
- Lubini 1982 .Végétation méssicole et post culturale des Sous-régions de Kisangani et de la Tshopo(Haut-zaire), thèse inédite, FS Unikis,510p.
- Lu, H.-P., Wagner, H. H., & Chen, X.-Y., 2007. A contribution diversity approach to evaluate species diversity. *Basic and Applied Ecology*, 8(1), 1–12. doi:10.1016/j.baae.2006.06.004
- Makana, J.; Umunay, P.; Ewango, C.; Jeffer, S., 2008. Inventaire floristique et estimation de stock de carbone sur pieds dans les forêts primaires et secondaires du Parc National de la Salonga et ses environs, 34 p.
- Morncau, F., 2007. Effets d'un gradient d'engorgement sur la structure et la dynamique d'une forêt tropicale humide (Paracou, Guyane française). ENGREF (AgroParisTech). Retrieved from <http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00002810/>
- Molino, J. F. & Sabatier, D., 2001. Tree diversity in tropical rain forest: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. *Science*, 294: 1702-1704.
- Ndjele, M. 1988. Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de Doctorat. ULB. Labo. Syst. Phyt., 528p.

- Nguinguiri, J.-C., 1998. Les approches participatives dans la gestion des écosystèmes forestiers d'Afrique Centrale. CIFOR. Retrieved from http://69.59.158.2/fr/system/files/18_65_50.pdf
- Nshimba, H., 2008. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiyé à Kisangani, R. D. Congo. Thèse doctorale, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 272p.
- Nusbaumer, L. ; Gautier, L. ; Chatelain, C. & Spichiger, R., 2005. Structure et composition floristique de la forêt classée du Scio (Côte d'Ivoire). Etude descriptive et comparative. *Candollea*, 60 (2) : 393-443.
- Pascal, J.P., 1995. Quelques exemples de problèmes posés à l'analyste et au modélisateur par la complexité de la forêt tropicale humide. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 50, 237-249.
- Quentin, M., 2012. Estimation de biomasse en forêt tropicale humide (Guyane Française). Thèse inédite. Fac. Sciences exactes et Naturelles. UAG. 184 p.
- Richards, P.W., 1996. *The Tropical Rainforest, An ecological study*, 2nd edn, Purselove, J.W. 1975. *Raffia palms*. In ELBS and Longman (ed.), *Tropical monocotyledons. Volumes 1 and 2 combined*. Cambridge University Press, Cambridge : 439-440 pp.
- Rollet, B., 1974. *L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine*, CTFT, Nogent-sur-Marne, France 115 p.
- Rennolls, K. & Laumonier, Y., 2006. A new local estimator of regional species diversity, in terms of 'shadow species', with a case study from Sumatra. *Journal of Tropical Ecology* 22:321-329 pp.
- Schnell, R., 1971. *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux*. Ed. Gauthier-Villars 55, quai des grands-augustins, Paris 6^e, Vol II, 951 p.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423 pp.

Swaine M.D., 1998. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distributions in Ghana. *Journal of Ecology* 84: 419-428.

Valeix, J., Dupuy B., Forni, E., 2004. Bois et Forêts des Tropiques, revue, 3^{ème} trimestre, n° 281, CIRAD, 100p.

Vancutsem C., Pekel J.-F., Evrard C., Malaisse F. & Defourny P., 2006. Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo au 1 : 3 000 000. Université Catholique de Louvain, Presses Universitaires de Louvain, 30 p.

Vandenput R., 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai: édit. Lesaffre, 458 p.

ANNEXES

Annexe 1-Données relatives à l'inventaire des arbres à dbh ≥ 10 cm dans 19 parcelles du dispositif d'étude de la forêt mixte sur terre ferme à Isangi: *AbRel* = Abondance relative ; *DoRel* = Dominance relative ; *FR* = Fréquence relative ; *IVI* = Indice de valeur d'importance.

Espèces	AbRel	DoRel	FR	IVI
<i>Afrostryrax lepidophyllus</i>	0,17	0,23	0,38	0,78
<i>Azelia bella</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Azelia bipindensis</i>	0,09	0,17	0,25	0,51
<i>Albizia gummifera</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Allanblackia floribunda</i>	0,21	0,16	0,51	0,88
<i>Allanblackia stanerana</i>	0,17	0,12	0,51	0,80
<i>Anonidium mannii</i>	1,11	1,36	1,40	3,86
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Anthonotha pynaertii</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Antiaris toxicaria</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Antrocaryon nannanii</i>	0,04	0,05	0,13	0,22
<i>Austranella congolensis</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Baphia dewevrei</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Barteria nigritana</i>	0,21	0,05	0,64	0,90
<i>Blighia unijugata</i>	0,04	0,33	0,13	0,50
<i>Blighia welwitschii</i>	0,17	1,21	0,25	1,63
<i>Canthium sp</i>	0,51	0,22	0,13	0,86
<i>Carapa procera</i>	1,53	0,46	1,78	3,77
<i>Ceiba pentandra</i>	0,04	0,11	0,13	0,28
<i>Celtis gomphophylla</i>	0,04	0,03	0,13	0,20
<i>Celtis mildbraedii</i>	0,55	1,41	1,14	3,10
<i>Celtis tessmannii</i>	0,6	0,54	1,14	2,28
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	0,13	0,03	0,38	0,54
<i>Chrysophyllum africanum</i>	1,49	1,72	2,16	5,37
<i>Chrysophyllum beguei</i>	0,21	0,05	0,38	0,65
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0,94	0,78	1,40	3,11
<i>Chytranthus carneus</i>	0,13	0,02	0,38	0,53
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	0,68	0,45	0,51	1,64
<i>Coelocaryon preussii</i>	0,43	0,29	0,64	1,35
<i>Cola acuminata</i>	0,26	0,09	0,51	0,86
<i>Cola altissima</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Cola gigantea</i>	0,3	0,09	0,64	1,02
<i>Cola griseiflora</i>	19	5,30	2,41	26,73
<i>Cola mannii</i>	0,21	0,10	0,38	0,69
<i>Combretum lokele</i>	0,3	1,16	0,51	1,97

<i>Corynanthe paniculata</i>	0,17	0,05	0,25	0,48
<i>Craterispermum cerinanthum</i>	0,47	0,20	0,38	1,05
<i>Cynometra hankei</i>	1,07	5,50	1,27	7,84
<i>Dacryodes osika</i>	0,13	0,09	0,25	0,47
<i>Dialium excelsum</i>	0,17	1,53	0,38	2,08
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1,32	0,59	1,78	3,69
<i>Dialium polyanthum</i>	0,47	0,45	0,89	1,81
<i>Dialium tessmannii</i>	0,85	0,86	1,52	3,23
<i>Diospyros bipindensis</i>	0,21	0,10	0,64	0,94
<i>Diospyros boala</i>	1,11	0,78	1,14	3,03
<i>Diospyros crassiflora</i>	0,47	0,23	1,02	1,72
<i>Diospyros gillettii</i>	0,68	0,28	0,64	1,59
<i>Diospyros hoyleana</i>	0,51	0,12	0,89	1,52
<i>Diospyros iturensis</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Drypetes bipindensis</i>	0,04	0,03	0,13	0,20
<i>Drypetes capillipes</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Drypetes gossweileri</i>	1,32	1,92	1,52	4,77
<i>Drypetes leonensis</i>	0,09	0,03	0,25	0,37
<i>Drypetes likwa</i>	2,51	1,96	2,29	6,76
<i>Drypetes lisolinoli</i>	0,21	0,12	0,51	0,84
<i>Drypetes louisii</i>	0,17	0,04	0,51	0,72
<i>Drypetes paxii</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Enantia lebrunii</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Entandrophragma angolense</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Entandrophragma candollei</i>	0,09	0,45	0,25	0,79
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	0,17	1,10	0,51	1,78
<i>Erythrophleum suaveolens</i>	0,13	0,19	0,38	0,70
<i>Ficus elastica</i>	0,04	0,09	0,13	0,26
<i>Fillaeopsis discophora</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Funtumia africana</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Funtumia elastica</i>	0,04	0,04	0,13	0,21
<i>Garcinia epunctata</i>	2,98	1,08	2,41	6,48
<i>Garcinia kola</i>	0,3	0,14	0,76	1,20
<i>Garcinia punctata</i>	0,38	0,13	0,89	1,40
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	0,04	0,05	0,13	0,22
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	4,31	2,89	2,41	9,61
<i>Grewia oligoneura</i>	0,13	0,04	0,38	0,55
<i>Grewia pinnatifida</i>	0,09	0,01	0,25	0,35
<i>Grewia trinervis</i>	0,38	0,28	1,02	1,68
<i>Grossera multinervis</i>	6,27	2,48	2,03	10,78
<i>Guarea cedrata</i>	0,38	0,27	0,76	1,41
<i>Guarea laurentii</i>	0,3	0,49	0,51	1,29
<i>Guarea thompsonii</i>	2,39	1,87	2,41	6,67
<i>Irvingia grandifolia</i>	0,04	0,25	0,13	0,42
<i>Irvingia robur</i>	0,26	0,56	0,76	1,58
<i>Julbernardia seretii</i>	0,09	0,03	0,13	0,24
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0,38	1,48	0,89	2,76

<i>Lepidobotrys staudtii</i>	0,17	0,10	0,51	0,78
<i>Lovoa trichilioides</i>	0,04	0,02	0,13	0,18
<i>Macaranga monandra</i>	0,21	0,10	0,25	0,57
<i>Maesobotrya staudtii</i>	0,09	0,01	0,25	0,35
<i>Mammea africana</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Maranthes glabra</i>	0,09	0,72	0,25	1,06
<i>Mareya brevipes</i>	0,09	0,03	0,25	0,37
<i>Massularia acuminata</i>	0,13	0,02	0,38	0,53
<i>Microdesmis yafungana</i>	0,34	0,18	0,64	1,16
<i>Millettia drastica</i>	0,3	0,10	0,64	1,03
<i>Monodora angolensis</i>	1,92	0,78	1,65	4,35
<i>Musanga cecropioides</i>	0,04	0,06	0,13	0,23
<i>Myrianthus arboreus</i>	0,04	0,04	0,13	0,21
<i>Napoleonaea septentrionalis</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Nauclea diderrichii</i>	0,09	0,03	0,25	0,37
<i>Nesogordonia kabingaensis</i>	0,09	0,26	0,25	0,59
<i>Omphalocarpum mortehanii</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Omphalocarpum procerum</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Oncoba welwitschii</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Ongokea gore</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Pancovia harmsiana</i>	0,51	0,13	0,89	1,54
<i>Pancovia laurentii</i>	0,72	0,36	1,27	2,35
<i>Panda oleosa</i>	4,01	4,85	2,41	11,27
<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	0,3	0,47	0,64	1,40
<i>Parkia filicoidea</i>	0,04	0,06	0,13	0,23
<i>Pausinystalia lane-poolei</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,13	0,15	0,38	0,66
<i>Pericopsis elata</i>	0,13	0,50	0,38	1,01
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	2,22	3,74	2,16	8,12
<i>Phyllocosmus africanus</i>	0,43	0,27	1,14	1,84
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,09	0,09	0,25	0,43
<i>Pouteria altissima</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Prioria balsamifera</i>	1,28	1,68	2,03	4,99
<i>Prioria oxyphylla</i>	1,75	6,40	1,91	10,05
<i>Psydrax subcordata</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,72	1,75	1,52	4,00
<i>Pycnanthus angolensis</i>	0,26	0,16	0,51	0,93
<i>Quassia sylvestris</i>	0,77	0,64	1,02	2,42
<i>Rinorea oblongifolia</i>	0,26	0,07	0,64	0,96
<i>Rothmannia macrocarpa</i>	0,04	0,02	0,13	0,19
<i>Rytigynia gracilipetiolata</i>	0,3	0,08	0,64	1,01
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	8,35	19,85	2,29	30,49
<i>Sorindeia africana</i>	0,04	0,01	0,13	0,18
<i>Staudtia gabonensis</i>	3,28	1,41	2,29	6,97
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,17	0,64	0,51	1,32
<i>Strombosia grandifolia</i>	0,68	0,53	0,89	2,10
<i>Strombosia nigropunctata</i>	0,04	0,01	0,13	0,18

<i>Strombosia pustulata</i>	1,24	1,48	1,78	4,49
<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	0,68	1,54	1,27	3,49
<i>Symphonia globulifera</i>	0,13	0,18	0,38	0,69
<i>Synsepalum stipulatum</i>	0,38	0,19	1,02	1,59
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0,13	0,03	0,25	0,42
<i>Tabernaemontana crassa</i>	0,43	0,14	0,89	1,45
<i>Tessmannia africana</i>	0,26	0,44	0,64	1,33
<i>Tessmannia anomala</i>	0,34	0,43	0,64	1,41
<i>Trichilia gilgiana</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Trichilia gillettii</i>	0,09	0,02	0,25	0,36
<i>Trichilia monadelphica</i>	0,17	0,07	0,38	0,62
<i>Trichilia prieureana</i>	1,02	0,64	1,40	3,07
<i>Trichilia welwitschii</i>	0,77	0,20	0,89	1,85
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i>	1,41	1,86	1,78	5,05
<i>Turraeanthus africanus</i>	0,21	0,10	0,38	0,70
<i>Vitex congolensis</i>	0,04	0,19	0,13	0,36
<i>Vitex welwitschii</i>	0,3	0,21	0,89	1,40
<i>Xylopiya aethiopica</i>	0,09	0,05	0,25	0,39
<i>Xylopiya hypolampra</i>	0,09	0,15	0,25	0,49
<i>Xylopiya villosa</i>	0,09	0,13	0,25	0,47

Annexe 2-Données relatives à l'inventaire des arbres à dbh \geq 10 cm dans 62 parcelles du dispositif d'étude de la forêt mixte sur terre hydromorphe à Isangi: *AbRel* = Abondance relative ; *DoRel* = Dominance relative ; *FR* = Fréquence relative ; *IVI* = Indice de valeur d'importance.

Espèce	AbRel	DoRel	FR	IVI
<i>Agelaea pentagyna</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Alchornea cordifolia</i>	0,013	0,002	0,013	0,029
<i>Allanblackia floribunda</i>	0,132	0,019	0,132	0,282
<i>Allanblackia stanerana</i>	0,105	0,096	0,105	0,307
<i>Alstonia congoensis</i>	0,092	0,218	0,092	0,402
<i>Angylocalyx pynaertii</i>	0,224	0,036	0,224	0,484
<i>Aningeria robusta</i>	0,079	0,081	0,079	0,239
<i>Anthonotha fragrans</i>	0,013	0,005	0,013	0,031
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0,013	0,003	0,013	0,029
<i>Anthonotha pynaertii</i>	0,119	0,063	0,119	0,300
<i>Antrocaryon nannanii</i>	0,040	0,133	0,040	0,212
<i>Aphania senegalensis</i>	0,026	0,011	0,026	0,064
<i>Aphanocalyx cynometroides</i>	0,224	0,131	0,224	0,580
<i>Aptandra zenkeri</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Autranella congolensis</i>	0,066	0,049	0,066	0,181

<i>Baikiaea insignis</i>	4,073	2,318	4,073	10,463
<i>Barteria nigritana</i>	0,066	0,013	0,066	0,145
<i>Beilschmiedia louisii</i>	0,514	0,287	0,514	1,315
<i>Berlinia grandiflora</i>	0,356	0,233	0,356	0,945
<i>Blighia unijugata</i>	0,026	0,010	0,026	0,063
<i>Blighia welwitschii</i>	0,989	0,592	0,989	2,569
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0,211	0,204	0,211	0,626
<i>Carapa procera</i>	13,405	10,107	13,405	36,916
<i>Cardiospermum grandiflorum</i>	0,145	0,048	0,145	0,338
<i>Celtis gomphophylla</i>	0,026	0,018	0,026	0,071
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	0,132	0,019	0,132	0,283
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0,040	0,028	0,040	0,107
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0,013	0,027	0,013	0,054
<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	0,040	0,025	0,040	0,104
<i>Chytranthus macrobotrys</i>	0,040	0,024	0,040	0,103
<i>Chytranthus mortehanii</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	0,026	0,027	0,026	0,079
<i>Cleistanthus ripicola</i>	3,770	2,442	3,770	9,981
<i>Cleistopholis patens</i>	0,105	0,089	0,105	0,300
<i>Coelocaryon botryoides</i>	12,429	8,429	12,429	33,288
<i>Cola chlamydantha</i>	0,066	0,011	0,066	0,143
<i>Cola griseiflora</i>	0,040	0,005	0,040	0,085
<i>Copaifera mildbraedii</i>	0,026	0,043	0,026	0,095
<i>Craibia grandiflora</i>	0,013	0,005	0,013	0,031
<i>Craibia laurentii</i>	0,040	0,005	0,040	0,084
<i>Cremaspora triflora</i>	0,079	0,018	0,079	0,176
<i>Cuviera latior</i>	0,013	0,002	0,013	0,029
<i>Dacryodes osika</i>	0,448	0,215	0,448	1,111
<i>Dalhousiea africana</i>	0,013	0,002	0,013	0,029
<i>Dasylepis seretii</i>	0,013	0,005	0,013	0,032
<i>Dialium excelsum</i>	0,040	0,109	0,040	0,188
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0,092	0,026	0,092	0,210
<i>Dialium pentandrum</i>	0,119	0,056	0,119	0,293
<i>Dialium polyanthum</i>	0,171	0,060	0,171	0,403
<i>Dialium reygaertii</i>	0,290	0,083	0,290	0,663
<i>Dialium tessmannii</i>	0,092	0,053	0,092	0,238
<i>Dichostemma glaucescens</i>	3,124	0,862	3,124	7,110
<i>Diospyros bipindensis</i>	0,448	0,074	0,448	0,971
<i>Diospyros boala</i>	2,359	0,470	2,359	5,188
<i>Diospyros canaliculata</i>	0,040	0,009	0,040	0,088
<i>Diospyros crassiflora</i>	0,290	0,068	0,290	0,648
<i>Diospyros dendo</i>	0,026	0,012	0,026	0,065
<i>Diospyros gillettii</i>	0,066	0,022	0,066	0,154
<i>Diospyros hoyleana</i>	0,013	0,002	0,013	0,029
<i>Drypetes bipindensis</i>	0,026	0,025	0,026	0,078
<i>Drypetes capillipes</i>	0,040	0,010	0,040	0,089
<i>Drypetes leonensis</i>	0,066	0,019	0,066	0,150

<i>Drypetes likwa</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Drypetes lisolinoli</i>	0,105	0,026	0,105	0,237
<i>Drypetes louisii</i>	0,224	0,144	0,224	0,592
<i>Entandrophragma palustre</i>	10,347	21,214	10,347	41,907
<i>Eriocoelum microspermum</i>	5,615	1,438	5,615	12,668
<i>Erythrophleum suaveolens</i>	0,013	0,114	0,013	0,140
<i>Fillaeopsis discophora</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Funtumia africana</i>	0,171	0,125	0,171	0,468
<i>Funtumia elastica</i>	0,040	0,014	0,040	0,093
<i>Garcinia epunctata</i>	0,026	0,005	0,026	0,058
<i>Garcinia kola</i>	0,040	0,009	0,040	0,088
<i>Garcinia punctata</i>	0,356	0,064	0,356	0,776
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	0,343	0,298	0,343	0,984
<i>Grewia mildbraedii</i>	0,119	0,161	0,119	0,398
<i>Grewia oligoneura</i>	0,554	0,932	0,554	2,039
<i>Grewia pinnatifida</i>	0,053	0,094	0,053	0,200
<i>Grewia trinervis</i>	0,435	0,619	0,435	1,489
<i>Guarea cedrata</i>	0,422	0,213	0,422	1,057
<i>Guarea thompsonii</i>	0,079	0,103	0,079	0,262
<i>Guibourtia demeusei</i>	0,804	0,913	0,804	2,521
<i>Heisteria parvifolia</i>	0,171	0,091	0,171	0,434
<i>Hippocratea myriantha</i>	0,013	0,006	0,013	0,033
<i>Hunteria congolana</i>	0,066	0,022	0,066	0,154
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	0,593	0,439	0,593	1,625
<i>Inconnul</i>	0,013	0,003	0,013	0,030
<i>Irvingia gabonensis</i>	0,026	0,160	0,026	0,213
<i>Irvingia grandifolia</i>	0,132	0,177	0,132	0,441
<i>Irvingia robur</i>	0,013	0,001	0,013	0,028
<i>Julbernardia seretii</i>	0,105	0,043	0,105	0,254
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0,330	0,634	0,330	1,293
<i>Landolphia jumellei</i>	0,013	0,013	0,013	0,040
<i>Lansea welwitschii</i>	0,026	0,005	0,026	0,057
<i>Lasiodiscus mannii</i>	0,791	0,155	0,791	1,737
<i>Lepidobotrys staudtii</i>	0,013	0,008	0,013	0,034
<i>Leptonychia multiflora</i>	0,040	0,006	0,040	0,085
<i>Lovoa trichilioides</i>	0,092	0,026	0,092	0,211
<i>Macaranga laurentii</i>	0,092	0,020	0,092	0,204
<i>Macaranga monandra</i>	0,119	0,051	0,119	0,288
<i>Macaranga saccifera</i>	0,211	0,064	0,211	0,486
<i>Macaranga schweinfurthii</i>	1,621	0,699	1,621	3,942
<i>Macaranga spinosa</i>	0,013	0,005	0,013	0,031
<i>Maesopsis eminii</i>	0,026	0,027	0,026	0,079
<i>Mammea africana</i>	0,066	0,060	0,066	0,192
<i>Manilkara bidentata</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Margaritaria discoidea</i>	0,026	0,034	0,026	0,087
<i>Massularia acuminata</i>	0,026	0,005	0,026	0,058
<i>Millettia drastica</i>	0,053	0,027	0,053	0,133

<i>Millettia duchesnei</i>	0,026	0,009	0,026	0,061
<i>Mimusops andongensis</i>	0,316	0,221	0,316	0,854
<i>Monodora angolensis</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Musanga cecropioides</i>	0,053	0,047	0,053	0,152
<i>Napoleonaea septentrionalis</i>	0,013	0,002	0,013	0,029
<i>Nauclea diderrichii</i>	0,040	0,036	0,040	0,115
<i>Neoboutonia melleri</i>	0,066	0,035	0,066	0,167
<i>Octonema affinis</i>	0,013	0,034	0,013	0,060
<i>Omphalocarpum leconteanum</i>	0,013	0,026	0,013	0,052
<i>Omphalocarpum mortehanii</i>	0,013	0,009	0,013	0,035
<i>Ongokea gore</i>	0,040	0,199	0,040	0,278
<i>Pachyelasma tessmannii</i>	0,013	0,025	0,013	0,051
<i>Pancovia laurentii</i>	0,053	0,010	0,053	0,115
<i>Parinari holstii</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Parkia bicolor</i>	0,053	0,043	0,053	0,149
<i>Parkia filicoidea</i>	0,053	0,021	0,053	0,126
<i>Pauridiantha callicarpoides</i>	0,026	0,014	0,026	0,067
<i>Pausinystalia lane-polei</i>	0,066	0,118	0,066	0,249
<i>Pausinystalia pynaertii</i>	0,013	0,005	0,013	0,031
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,079	0,149	0,079	0,307
<i>Phyllocosmus africanus</i>	0,040	0,026	0,040	0,105
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,079	0,168	0,079	0,326
<i>Pleiocarpa pycnantha</i>	2,992	2,285	2,992	8,269
<i>Pradosia spinosa</i>	0,145	0,048	0,145	0,338
<i>Prioria balsamifera</i>	0,053	0,018	0,053	0,123
<i>Psydrax subcordata</i>	0,013	0,003	0,013	0,030
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,171	0,231	0,171	0,573
<i>Pterygota bequaertii</i>	0,198	0,573	0,198	0,968
<i>Pycnanthus angolensis</i>	1,107	1,521	1,107	3,735
<i>Pycnanthus marchalianus</i>	2,425	6,070	2,425	10,921
<i>Quassia sylvestris</i>	0,488	0,265	0,488	1,240
<i>Rhabdophyllum arnoldianum</i>	0,026	0,005	0,026	0,058
<i>Rinorea crassilipes</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Rinorea gracilipes</i>	4,165	3,779	4,165	12,109
<i>Rinorea oblongifolia</i>	4,363	2,861	4,363	11,586
<i>Rothmannia libisa</i>	0,013	0,005	0,013	0,031
<i>Santiria trimera</i>	0,883	0,465	0,883	2,232
<i>Sarcocephalus pobeguinii</i>	0,040	0,072	0,040	0,151
<i>Schumanniophyton magnificum</i>	0,013	0,002	0,013	0,028
<i>Sersalisia palustre</i>	0,026	0,008	0,026	0,061
<i>Sorindeia africana</i>	0,356	0,094	0,356	0,806
<i>Staudtia gabonensis</i>	0,145	0,032	0,145	0,322
<i>Sterculia dawei</i>	0,171	0,078	0,171	0,420
<i>Sterculia tragacantha</i>	1,028	3,830	1,028	5,886
<i>Strombosia grandifolia</i>	0,185	0,214	0,185	0,583
<i>Strombosia nigropunctata</i>	0,013	0,011	0,013	0,037
<i>Strombosia pustulata</i>	0,066	0,116	0,066	0,247

<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	0,277	0,271	0,277	0,825
<i>Symphonia globulifera</i>	4,231	12,242	4,231	20,704
<i>Synsepalum seretii</i>	0,040	0,020	0,040	0,099
<i>Synsepalum stipulatum</i>	0,237	0,151	0,237	0,625
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0,053	0,190	0,053	0,296
<i>Tessmannia africana</i>	0,132	0,158	0,132	0,422
<i>Tessmannia anomala</i>	0,013	0,044	0,013	0,071
<i>Thecacoris trichogyne</i>	0,119	0,027	0,119	0,264
<i>Tieghemella heckelii</i>	0,013	0,007	0,013	0,034
<i>Treculia africana</i>	0,026	0,024	0,026	0,077
<i>Trichilia gillettii</i>	0,026	0,012	0,026	0,065
<i>Trichilia monadelpha</i>	0,356	0,147	0,356	0,859
<i>Trichilia prieureana</i>	0,026	0,010	0,026	0,063
<i>Trichilia rubescens</i>	0,013	0,011	0,013	0,038
<i>Trichilia welwitschii</i>	0,290	0,103	0,290	0,683
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i>	0,040	0,084	0,040	0,163
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0,026	0,006	0,026	0,059
<i>Turraeanthus africanus</i>	0,013	0,013	0,013	0,039
<i>Uapaca guineensis</i>	1,226	2,086	1,226	4,538
<i>Uapaca heudelotii</i>	1,740	2,372	1,740	5,852
<i>Xylopia aethiopica</i>	0,119	0,044	0,119	0,281
<i>Xylopia hypolampra</i>	0,040	0,035	0,040	0,115
<i>Xylopia phloiodora</i>	0,013	0,029	0,013	0,055
<i>Xylopia rubescens</i>	0,606	0,781	0,606	1,994
<i>Zanha golungensis</i>	0,013	0,010	0,013	0,037

Annexe 3-Données relatives à l'inventaire des arbres à dbh \geq 10 cm dans 2 parcelles du dispositif d'étude de la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* à Isangi: *AbRel* = Abondance relative ; *DoRel* = Dominance relative ; *FR* = Fréquence relative ; *IVI* = Indice de valeur d'importance.

Espèce	AbRel	DoRel	FR	IVI
<i>Allanblackia marienii</i>	0,571	0,08	2,94	3,59
<i>Anthonothea fragrans</i>	0,571	0,05	2,94	3,56
<i>Baikiaea insignis</i>	2,286	0,70	5,88	8,87
<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	4	0,50	5,88	10,38
<i>Cola griseiflora</i>	4	0,72	2,94	7,66
<i>Cynometra hankei</i>	0,571	0,87	2,94	4,38
<i>Dialium pachyphyllum</i>	1,143	3,55	2,94	7,64
<i>Dialium polyanthum</i>	0,571	1,83	2,94	5,34
<i>Diospyros hoyleana</i>	0,571	0,05	2,94	3,56
<i>Drypetes bipindensis</i>	1,143	0,21	2,94	4,29

<i>Garcinia epunctata</i>	8,571	1,30	5,88	15,76
<i>Garcinia kola</i>	2,857	0,37	2,94	6,17
<i>Garcinia punctata</i>	1,143	0,40	2,94	4,48
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	33,71	62,48	5,88	102,08
<i>Julbernardia seretii</i>	0,571	0,16	2,94	3,68
<i>Monodora angolensis</i>	9,714	1,80	5,88	17,40
<i>Ongokea gore</i>	1,714	1,70	5,88	9,29
<i>Phyllocosmus africanus</i>	0,571	0,15	2,94	3,66
<i>Prioria oxyphylla</i>	8,571	10,23	5,88	24,68
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,571	1,01	2,94	4,52
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	13,71	11,45	5,88	31,05
<i>Strombosia grandifolia</i>	0,571	0,09	2,94	3,60
<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	0,571	0,10	2,94	3,61
<i>Synsepalum subcordatum</i>	0,571	0,09	2,94	3,61
<i>Trichilia gilgiana</i>	0,571	0,05	2,94	3,57
<i>Xylopiya chrysophylla</i>	0,571	0,07	2,94	3,58

Annexe 4-Données relatives à l'inventaire des arbres à dbh \geq 10 cm dans 62 parcelles du dispositif d'étude de la forêt dégradée à Isangi: *AbRel* = Abondance relative ; *DoRel* = Dominance relative ; *FR* = Fréquence relative ; *IVI* = Indice de valeur d'importance.

Espèce	AbRel	DoRel	FR	IVI
<i>Acacia kirkii</i>	0,25	0,08	0,42	0,75
<i>Azelia bella</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Aidia micrantha</i>	0,03	0,02	0,10	0,15
<i>Albizia adianthifolia</i>	1,66	1,15	1,36	4,17
<i>Albizia chinensis</i>	0,03	0,01	0,10	0,15
<i>Albizia ferruginea</i>	0,08	0,05	0,31	0,44
<i>Albizia gummifera</i>	1,97	2,15	2,71	6,83
<i>Albizia zygia</i>	0,25	0,17	0,84	1,26
<i>Allanblackia floribunda</i>	0,17	0,13	0,21	0,50
<i>Allanblackia marienii</i>	0,06	0,03	0,10	0,19
<i>Allanblackia stanerana</i>	1,21	0,61	1,15	2,97
<i>Allophylus africanus</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Alstonia boonei</i>	0,14	0,22	0,42	0,78
<i>Alstonia congoensis</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Anisophyllea meniaudii</i>	0,73	0,29	1,04	2,07
<i>Anonidium mannii</i>	0,34	0,69	0,63	1,65
<i>Anthocleista schweinfurthii</i>	0,25	0,15	0,31	0,72
<i>Anthocleista vogelii</i>	0,03	0,01	0,10	0,15
<i>Anthonotha macrophylla</i>	0,25	0,13	0,42	0,80
<i>Anthonotha pynaertii</i>	0,48	0,23	0,63	1,34
<i>Antiaris toxicaria</i>	0,39	0,36	1,04	1,80

<i>Antrocaryon nannanii</i>	0,03	0,04	0,10	0,17
<i>Baikiaea insignis</i>	0,28	0,55	0,31	1,15
<i>Barteria nigritana</i>	1,35	0,66	1,57	3,57
<i>Beilschmiedia louisii</i>	0,14	0,11	0,21	0,46
<i>Bellucia aubletii</i>	0,56	0,22	0,21	1,00
<i>Bellucia axinanthera</i>	3,44	1,80	0,63	5,87
<i>Berlinia grandiflora</i>	0,14	0,07	0,21	0,42
<i>Bertiera breviflora</i>	0,03	0,02	0,10	0,15
<i>Blighia welwitschii</i>	0,96	0,69	0,94	2,59
<i>Breviea sericea</i>	0,03	0,03	0,10	0,16
<i>Bridelia atroviridis</i>	0,65	0,38	1,04	2,08
<i>Canarium schweinfurthii</i>	0,45	0,31	1,36	2,11
<i>Carapa procera</i>	1,89	1,08	1,46	4,43
<i>Casearia barteri</i>	0,06	0,03	0,10	0,19
<i>Cassia spectabilis</i>	0,31	0,18	0,10	0,60
<i>Cecropia leucocoma</i>	5,66	2,68	2,30	10,63
<i>Ceiba pentandra</i>	0,06	0,03	0,21	0,29
<i>Celtis gomphophylla</i>	0,14	0,09	0,10	0,34
<i>Celtis tessmannii</i>	0,34	0,32	0,84	1,49
<i>Chlamydocola chlamydantha</i>	0,14	0,05	0,31	0,51
<i>Chrysophyllum africanum</i>	0,23	0,15	0,52	0,90
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0,08	0,27	0,10	0,46
<i>Chytranthus carneus</i>	0,06	0,02	0,21	0,29
<i>Citrus limon</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Cleistanthus ripicola</i>	0,82	2,09	0,52	3,42
<i>Cleistopholis glauca</i>	0,03	0,03	0,10	0,16
<i>Cleistopholis patens</i>	0,54	0,40	0,73	1,67
<i>Coelocaryon botryoides</i>	1,94	2,68	0,94	5,56
<i>Coelocaryon preussii</i>	0,08	0,05	0,10	0,24
<i>Cola altissima</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Cola griseiflora</i>	0,39	0,22	0,31	0,93
<i>Cola sciaphila</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Combretum lokele</i>	0,14	0,10	0,10	0,34
<i>Cremaspora triflora</i>	0,06	0,05	0,10	0,21
<i>Cynometra hankei</i>	0,08	0,31	0,10	0,50
<i>Dacryodes edulis</i>	0,62	1,77	0,63	3,01
<i>Dacryodes osika</i>	0,51	0,49	0,84	1,83
<i>Desplatsia dewevrei</i>	0,06	0,03	0,21	0,30
<i>Dialium excelsum</i>	1,30	1,64	0,21	3,14
<i>Dialium pachyphyllum</i>	0,37	0,27	0,84	1,47
<i>Dialium pentandrum</i>	0,11	0,15	0,21	0,47
<i>Dialium polyanthum</i>	0,31	0,23	0,42	0,96
<i>Dialium reygartii</i>	0,11	0,04	0,10	0,26
<i>Dialium tessmannii</i>	0,23	0,38	0,42	1,02
<i>Dichostemma glaucescens</i>	0,31	0,18	0,31	0,81
<i>Diospyros bipindensis</i>	0,03	0,02	0,10	0,16
<i>Diospyros boala</i>	0,23	0,14	0,42	0,78

<i>Diospyros crassiflora</i>	0,03	0,04	0,10	0,17
<i>Diospyros dendo</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Dovyalis zenkeri</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Drypetes bipindensis</i>	0,14	0,09	0,10	0,34
<i>Drypetes likwa</i>	0,11	0,07	0,31	0,50
<i>Drypetes louisii</i>	0,03	0,02	0,10	0,15
<i>Entandrophragma palustre</i>	0,03	0,07	0,10	0,21
<i>Entandrophragma utile</i>	0,03	0,33	0,10	0,46
<i>Eriocoelum microspermum</i>	0,31	0,18	0,52	1,01
<i>Erythrina droogmansiana</i>	0,08	0,14	0,10	0,33
<i>Erythrophleum suaveolens</i>	0,08	0,33	0,31	0,72
<i>Fernandoa adolfi-friderici</i>	0,06	0,06	0,21	0,32
<i>Ficus exasperata</i>	0,39	0,21	0,52	1,13
<i>Ficus mucoso</i>	0,23	0,15	0,31	0,69
<i>Ficus vogeliana</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Funtumia africana</i>	0,37	0,20	0,52	1,09
<i>Funtumia elastica</i>	0,14	0,06	0,42	0,62
<i>Garcinia epunctata</i>	0,23	0,16	0,21	0,59
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	0,34	3,77	0,10	4,21
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	0,06	0,05	0,21	0,31
<i>Grewia oligoneura</i>	0,14	0,06	0,42	0,62
<i>Grewia trinervis</i>	0,25	0,32	0,31	0,89
<i>Guarea cedrata</i>	0,17	0,28	0,21	0,66
<i>Guarea thompsonii</i>	0,14	0,07	0,31	0,52
<i>Guibourtia demeusei</i>	0,17	0,32	0,31	0,80
<i>Hallea stipulosa</i>	0,06	0,03	0,21	0,30
<i>Harungana madagascariensis</i>	0,48	0,17	0,73	1,38
<i>Heisteria parvifolia</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Hexalobus crispiflorus</i>	0,06	0,03	0,10	0,19
<i>Hunteria congolana</i>	0,14	0,32	0,10	0,56
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	9,41	8,65	1,98	20,04
<i>Iringia wombolu</i>	1,46	1,00	0,73	3,19
<i>Julbernardia seretii</i>	0,06	0,10	0,21	0,37
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0,06	0,03	0,21	0,29
<i>Lannea welwitschii</i>	0,62	0,86	0,84	2,32
<i>Lovoa trichilioides</i>	0,08	0,03	0,10	0,22
<i>Macaranga laurentii</i>	1,66	0,80	1,77	4,23
<i>Macaranga monandra</i>	5,10	3,44	3,76	12,29
<i>Macaranga saccifera</i>	0,25	0,12	0,21	0,58
<i>Macaranga schweinfurthii</i>	0,08	0,03	0,21	0,32
<i>Macaranga spinosa</i>	5,35	3,54	3,24	12,13
<i>Maesobotrya staudtii</i>	0,08	0,04	0,31	0,44
<i>Maesopsis eminii</i>	3,18	2,48	2,61	8,27
<i>Mammea africana</i>	0,08	0,32	0,31	0,71
<i>Manilkara malcoleus</i>	0,06	0,04	0,10	0,20
<i>Margaritaria discoidea</i>	1,15	1,95	1,36	4,46
<i>Milicia excelsa</i>	0,14	0,10	0,31	0,55

<i>Millettia drastica</i>	0,84	0,34	0,42	1,60
<i>Monodora angolensis</i>	0,06	0,04	0,10	0,20
<i>Monopetalanthus pteridophyllus</i>	0,03	0,05	0,10	0,18
<i>Morinda lucida</i>	0,39	0,24	0,52	1,16
<i>Musanga cecropioides</i>	6,22	8,23	2,82	17,27
<i>Myrianthus arboreus</i>	0,56	0,24	0,52	1,33
<i>Napoleonaea septentrionalis</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Nauclea diderrichii</i>	0,11	0,19	0,31	0,61
<i>Octonema affinis</i>	0,11	0,26	0,21	0,58
<i>Omphalocarpum leconteanum</i>	0,06	0,02	0,21	0,28
<i>Omphalocarpum mortehanii</i>	0,03	0,09	0,10	0,22
<i>Oncoba glauca</i>	0,17	0,08	0,10	0,35
<i>Oncoba subtomentosa</i>	1,13	0,61	0,52	2,26
<i>Oncoba welwitschii</i>	0,08	0,03	0,21	0,32
<i>Ongokea gore</i>	0,23	0,61	0,42	1,25
<i>Oxyanthus gracilis</i>	0,06	0,03	0,21	0,29
<i>Pancovia harmsiana</i>	0,11	0,04	0,21	0,36
<i>Pancovia laurentii</i>	0,14	0,09	0,31	0,55
<i>Panda oleosa</i>	0,06	0,11	0,21	0,37
<i>Paramacrolobium coeruleum</i>	0,31	0,19	0,21	0,71
<i>Parinari holstii</i>	0,03	0,08	0,10	0,22
<i>Parkia bicolor</i>	0,03	0,03	0,10	0,16
<i>Parkia filicoidea</i>	0,08	0,15	0,21	0,44
<i>Pauridiantha callicarpoides</i>	0,14	0,04	0,52	0,70
<i>Pausinystalia lane-poolei</i>	0,31	0,53	0,42	1,26
<i>Pentaclethra macrophylla</i>	2,34	3,82	2,51	8,66
<i>Persea americana</i>	1,63	1,90	1,04	4,58
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	0,42	0,62	0,94	1,99
<i>Phyllocosmus africanus</i>	0,39	0,73	0,52	1,65
<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,39	1,60	0,94	2,93
<i>Pleiocarpa pycnantha</i>	0,03	0,02	0,10	0,15
<i>Pradosia spinosa</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Prioria balsamifera</i>	0,03	0,81	0,10	0,95
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	1,15	1,70	1,57	4,42
<i>Psyrdrax subcordata</i>	0,28	0,20	0,73	1,21
<i>Pterocarpus soyauxii</i>	0,31	0,84	0,94	2,09
<i>Pterygota bequaertii</i>	0,20	0,37	0,31	0,88
<i>Pycnanthus angolensis</i>	2,84	2,38	2,82	8,04
<i>Pycnanthus marchalianus</i>	0,17	0,56	0,21	0,94
<i>Quassia sylvestris</i>	1,30	1,76	1,57	4,62
<i>Rauvolfia vomitoria</i>	0,56	0,17	0,52	1,26
<i>Rhabdophyllum arnoldianum</i>	0,17	0,10	0,10	0,37
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	0,25	0,75	0,63	1,63
<i>Rinorea gracilipes</i>	0,17	0,13	0,10	0,40
<i>Rinorea oblongifolia</i>	0,06	0,03	0,21	0,30
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	0,25	0,68	0,31	1,25

<i>Scytopetalum pierreanum</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Sorindeia africana</i>	0,37	0,31	1,04	1,72
<i>Spathodea campanulata</i>	0,06	0,02	0,10	0,18
<i>Staudtia gabonensis</i>	0,20	0,28	0,52	1,00
<i>Sterculia dawei</i>	0,08	0,03	0,21	0,32
<i>Sterculia tragacantha</i>	0,70	0,57	1,46	2,74
<i>Strombosia grandifolia</i>	0,06	0,05	0,21	0,32
<i>Strombosia nigropunctata</i>	0,06	0,03	0,10	0,19
<i>Strombosia pustulata</i>	0,03	0,02	0,10	0,16
<i>Strombosiosis tetrandra</i>	0,28	0,85	0,52	1,65
<i>Symphonia globulifera</i>	0,23	0,43	0,73	1,38
<i>Synsepalum stipulatum</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Syzygium staudtii</i>	1,27	0,55	0,52	2,34
<i>Tabernaemontana crassa</i>	0,17	0,08	0,21	0,46
<i>Tessmannia africana</i>	0,06	0,23	0,21	0,50
<i>Tessmannia anomala</i>	0,03	0,16	0,10	0,30
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	0,20	0,25	0,42	0,87
<i>Tetrorchidium didymostemon</i>	0,28	0,13	0,94	1,35
<i>Treculia africana</i>	0,08	0,05	0,31	0,45
<i>Trema orientalis</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Trichilia laurentii</i>	0,03	0,01	0,10	0,14
<i>Trichilia monadelphica</i>	0,25	0,19	0,63	1,07
<i>Trichilia prieureana</i>	0,03	0,03	0,10	0,16
<i>Trichilia welwitschii</i>	0,14	0,08	0,21	0,43
<i>Trichoscypha ngandensis</i>	0,03	0,02	0,10	0,16
<i>Trilepisium madagascariense</i>	0,48	0,51	0,84	1,83
<i>Turraeanthus africanus</i>	0,03	0,03	0,10	0,16
<i>Uapaca guineensis</i>	0,56	1,68	0,73	2,97
<i>Uapaca heudelotii</i>	0,25	0,74	0,31	1,30
<i>Vernonia conferta</i>	0,14	0,05	0,21	0,40
<i>Vitex congolensis</i>	0,06	0,04	0,10	0,20
<i>Vitex welwitschii</i>	1,24	0,81	2,30	4,34
<i>Xylopiya aethiopica</i>	0,65	0,80	0,42	1,86
<i>Xylopiya hypolampra</i>	0,06	0,03	0,21	0,29
<i>Xylopiya phloiodora</i>	0,06	0,02	0,10	0,18
<i>Xylopiya rubescens</i>	0,31	0,64	0,63	1,58
<i>Zanthoxylum gillettii</i>	0,17	0,09	0,31	0,58
<i>Zanthoxylum lemairei</i>	0,03	0,02	0,10	0,15