

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE

UNIVERSITE DE KISANGANI



B.P: 2012

KISANGANI

Faculté de Gestion des Ressources Naturelles et Renouvelables

Département: Eaux et Forêts

**Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes
dans la forêt Congolaise d'Uma (Territoire d'Ubundu,
province de la Tshopo, R.D. Congo)**

Par:

Mumbere Musyenene Elias

Travail de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention du diplôme
D'Ingénieur en Sciences Agronomiques

Option : Eaux et Forêts

Directeur : Prof. Faustin Boyemba Bosela (Unikis)

Encadreur : Ass. John Katembo (Isea/Bengamisa)

ANNEE ACADEMIQUE : 2015-2016



LISTE DE FIGURES

Figure 1 : – Localisation du site d'étude avec une image Map de la dynamique du couvert forestier 2005-2010. Les croix représentent la localisation des parcelles d'un ha.....	7
Figure 2 :- Classification des parcelles forestières	12
Figure 3 :- Ordination des parcelles forestières avec leurs espèces caractéristiques	13
Figure 4 :- Espèces importantes du groupe 1	14
Figure 5 :- Espèces importantes du groupe 2	14
Figure 6 :- Espèces importantes du groupe 3	15
Figure 7 : - Variation intra et intergroupes floristiques de la diversité alpha.....	20

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 :- IVI des espèces pour l'ensemble des parcelles d'étude	16
Tableau 2 :- Espèces caractéristiques du groupe 1 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt monodominante à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>)	17
Tableau 3 :-Espèces caractéristiques du groupe 2 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt mixte intacte.....)	18
Tableau 4 :- Espèces caractéristiques du groupe 3 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt mixte perturbée).....	19
Tableau 5 :- Indices de diversité locale par groupe floristique	20
Tableau 6 : - Indice de similarité de Morisita-Horn.....	21

REMERCIEMENTS

Ce travail a été un grand parcours. Pour oser l'entreprendre et surtout, le mener à terme, il nous a fallu beaucoup de soutien, de l'aide et de la collaboration de nombreuses personnalités, nous disons vraiment merci au créateur du ciel et de la terre, Dieu, pour nous avoir donné la vie et en assuré la protection. Mais nous ne saurons cependant, dans les quelques paragraphes ci-après auxquels les exigences académiques nous astreignent, exprimer toute notre gratitude à tous ceux qui n'ont cessé de nous encourager, de nous soutenir et de nous faciliter la tâche. Notre marque de reconnaissance va plus particulièrement à mon directeur, le Professeur Faustin Boyemba Bosela et mon encadreur, l'assistant John Katembo qui a accepté de diriger ce travail et qui est à l'origine de l'idée novatrice de cette étude. Nous mesurons la confiance qu'il nous a accordée en nous proposant ce sujet, malgré nos connaissances plutôt modestes en écologie forestier. Il a eu un regard scientifique à l'évolution de ce travail par ses remarques et conseils pertinents.

Qu'il nous soit permis d'adresser nos remerciements de manière sincère à l'assistant John Katembo qui, malgré ses multiples occupations, a accepté d'orienter et d'encadrer ce travail. Nous avons trouvé en lui, dès le début les qualités d'un bon maître, lucide et patient, rigoureux dans la lecture, remarques et critiques mais aussi et surtout un homme très attentif à notre désir de savoir. Qu'il trouve ici la marque de notre reconnaissance. Nous remercions la famille Dede Chamacha pour leur soutien financier et matériel. Notre signe de reconnaissance va également à ma cher Elizabeth Mate, ma sœur Rachel Musibirwa, Rosine Muvirirwa et à mon ami de lutte Richard Saambili, respectivement à tout les membres du groupe d'excellence.

DEDICACE

*Combien je suis si fier de dédier ce travail de dur labeur à toi ma très chère maman **KAVIRA VISANGI Françoise** et à mon recrêté père **ABOUBARCAR KIKWASO** ainsi à toi ma très chère sœur **Julienne**, car ta présence a su me donner de la force et de la détermination d'amener à bon port ce fruit d'intellectualisme et de sagesse.*

Merci ma très chère maman...

RESUME

A l'instar d'autres forêts tropicales, la forêt de Uma regorge une grande hétérogénéité spatiale créée, maintenue et accentuée par des processus agissant dans le temps tels que les phénomènes de perturbations, de successions forestières ou de monodominance de certaines espèces notamment l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei*. La présente étude se base principalement sur la part de la diversité spécifique dans l'explication de l'hétérogénéité floristique au sein d'une même entité forestière. De façon secondaire, nous voulons démontrer la variation de la diversité spécifique des ensembles floristiques et mentionner les affinités floristiques entre ensemble floristique. Aussi nous voulons élucider le fait que les perturbations forestières augmentent la diversité spécifique. Les données d'inventaires concernent uniquement les arbres à dhp ≥ 10 cm issus de 30 parcelles de 1ha. Pour l'ordination, nous proposons d'utiliser l'indice de Bray-curtis car il donne autant de poids aux différences d'abondance observées pour les espèces rares que pour les espèces abondantes. Dans l'entité forestière étudiée, il y existe trois complexes forestiers dont l'un est formé des forêts monodominant à *Gilbertiodendron dewevrei*, l'autre formé par des forêts stables et un troisième formé par des forêts anciennement perturbées. Les forêts anciennement perturbées sont les plus diversifiées comparativement aux autres complexes forestiers. Mots clés: diversité spécifique, regroupement des arbres, et forêt de Uma en RD Congo.

SUMMARY

Except other tropical forests, the Uma forest has got the majority spatial heterogeneity created, taken and stressed by the processus moving in the time like the perturbations of phenomina of the forest successions or monodominance of certain species as *Gilbertiodendron dewevrei*. This research is based essentially on the part of specific diversity in the explotation of the florostic heterogeneity in the same forest entity. Secundarly, we want to demonstrate the variation of the floristic groups and mention the floristic affinities between floristic collections. And also, we would like to clarify the fact of forest perturbations which extends the specific divercity. The data of inventory are concerning uniquely trees at $dbp \geq 10$ cm of 30 compounds of 1ha. For ordination, we would suggest to use the indices of Bray-curtis because it gives more weights to the differences of adondance observed for the rare species than for abondante species. In the forest entity stydied, there existe three complex forests whose one is formed by monodominante forests at *Gilbertiodendron dewevrei*, the other is formed by the stable forests and the last is formed by the anciently perturbed forests. This last kind of ferests are the more diversified comparatively to other complex forests.

The main words are specific diversity, regrouping of trees.

TABLE DE MATIERE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DE FIGURES	iii
LISTE DE TABLEAUX	iii
RESUME.....	iv
SUMMARY	v
CHAPITRE 1: INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte de l'étude.....	1
1.2. Problématique.....	2
1.3. Hypothèses.....	3
1.4. Objectifs.....	3
1.5. Subdivision du travail.....	3
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	5
2.1. Localisation du site d'étude.....	5
2.2. Travaux de terrain.....	6
2.3. Analyse des données.....	7
2.3.1. Méthodes de classifications des données floristiques (Clustering).....	7
2.3.2. Méthode d'ordination par regroupement	8

2.3.3 Identification des espèces importantes des groupes floristiques.....	9
2.3.4. Identification des espèces indicatrices des groupes floristiques	9
2.3.5. La diversité locale par groupe floristique	10
2.3.6. Partage floristique entre les groupes floristiques	11
CHAPITRE 3. RESULTATS.....	12
3.1. Classification et ordination des parcelles forestières.....	12
3.2. Espèces importantes des groupes floristiques	13
3. 3. Espèces caractéristiques par groupe forestier	16
3 .4. Diversité floristique locale par groupe floristique.....	19
3. 5. Lien floristique intergroupes	21
CHAPITRE 4. DISCUSSION.....	22
CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS.....	25
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26

CHAPITRE1: INTRODUCTION

1.1. Contexte de l'étude

La forêt constitue pour l'humanité une grande ressource naturelle renouvelable. Cette ressource est un patrimoine qu'il convient de bien gérer (Lokombe, 2004). Les forêts tropicales sont porteuses d'une charge symbolique énorme, au point que leur destruction suscite une angoisse planétaire. Perçues comme le lieu d'une biodiversité extrême, elles représentent dans l'imaginaire collectif, l'ultime recours contre la pollution et l'effet de serre (Froment & Bahuchet, 2003).

Les forêts du bassin du Congo constituent le deuxième plus grand massif de forêts tropicales au monde, après celui de l'Amazonie. Celles de la République démocratique du Congo (RDC) représentent à elles seules environ 60% de ce massif forestier. C'est en RDC que les taux de déforestation et de dégradation de forêts sont les plus élevés des tous les pays du bassin du Congo (Ernst *et al.*, 2010). Les forêts de la RDC paraissent plus ou moins intactes et préservées des perturbations anthropiques quand on les regarde sur une carte. Cela n'est pas du tout vrai en réalité (Carl, 2007). Les forêts de la RDC possèdent une diversité d'espèces végétales importantes dans les différentes strates (arborescente, arbustive et herbacée) qui jouent un rôle non négligeable dans la dynamique forestière. 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 (Blanc *et al.*, 2003).

Cependant il s'avère que la connaissance des facteurs écologiques et des mécanismes régissant l'organisation et la distribution spatiale des végétaux revêt un intérêt scientifique fondamental pour la gestion des écosystèmes forestiers tropicaux (Pélissier *et al.*, 2010). Ceci semble être urgent vu les taux de déforestation et de dégradation que connaît les forêts congolaises. Le présent travail s'avère ainsi être une contribution pour la gestion durable des forêts de la RDC en général et du territoire d'Ubundu en particulier.

1.2. Problématique

La caractérisation des forêts tropicales via la typification floristique et spécifique des stations forestières est un impératif pour une compréhension aisée de leur fonctionnement et pour leur gestion rationnelle. Ces forêts se caractérisent par une coexistence de la multiplicité d'espèces végétales (Pélissier, 1995), à laquelle s'ajoute une diversité d'habitats bien structurés (Hall *et al.*, 2004). Cette diversité d'habitats est responsable d'une hétérogénéité floristique spatiale des forêts tropicales qui s'exprime dans un large mesure par des changements incessants dans la composition floristique (dynamique globale des peuplements forestiers, dont dépendent la productivité globale, la richesse et la diversité floristiques de ces peuplements) tant à l'échelle locale qu'à l'échelle du paysage (Fournier et Sassoon, 1983). Par ailleurs, il est signifié que cette caractérisation donne souvent des renseignements généraux qui tiennent compte de l'ensemble de la masse forestière.

Même si cette approche fournit de manière générale très peu des renseignements liés aux facteurs de l'environnement responsables de la variation de la composition floristique réelle de la zone forestière étudiée, elle s'avère cependant indispensable pour les gestionnaires forestiers dans la mise en place d'un diagnostic rapide des conditions éco-floristiques existant sur différentes parcelles d'études. Puisque la gestion des forêts tropicales est devenue une question d'écologie et d'économie qui du coup interpelle de nombreuses disciplines scientifiques, un tel diagnostic fondé sur des descriptions spécifiques plus fines des peuplements forestiers permet de concilier l'exploitation de la diversité biologique au respect de l'environnement dans le contexte actuel de production durable.

Ainsi, construire une typologie simple des différents regroupements spécifiques éventuels, dénuée de toute formulation d'une clé typologique qui puissent permettre de ressortir les préférences écologiques des populations d'arbres à l'intérieur de chaque ensemble forestier, constitue une obligation en matière de gestion de la biodiversité des forêts tropicales. A Uma, vers les kilomètres 70 à 90 sur la route de l'Ituri, on observe des variations édaphiques et physiographiques se traduisant par trois grands groupes forestiers suivant un transect nord-sud partant de la rivière Tshopo au nord vers les contreforts des Inselbergs qui se prolongent en une chaîne de basses montagnes vers le Parc National de Maïko. Il s'agit successivement, et suivant un gradient topographique, des forêts planétaires le long de la vallée de la rivière

Tshopo à 350 m d'altitude, des forêts sur sols profonds et bien drainés (500 m à environ 750 d'altitude) et des forêts sur éboulis rocheux à la base des inselbergs qui culminent vers 750 à 900 m d'altitude (Katembo, 2013).

Les études menées dans les forêts tropicales ont eu à déceler de manière qualitative et quantitative des différences dans la composition floristique d'une région à une autre. Ces différences étant la résultante de la spéciation locale et la dispersion limitée qui ne permettent pas aux plantes de coloniser les zones potentiellement favorables. Une espèce est originaire d'un lieu et elle ne peut se disperser qu'à une distance limitée de ce lieu. Il est évident que ces différences existent même aux seins d'un même massif forestier suite à de nombreux facteurs historiques, déterministes et stochastiques.

Aussi, il a été rapporté qu'en milieu forestier tropicale que les espèces végétales tout tempérament confondu, ont la même chance pour la colonisation d'un milieu ouvert (Blanc *et al.*, 2003). C'est ce phénomène qui explique l'hypothèse de perturbations intermédiaires de Connell (1978) qui stipule que la diversité est grande quand les perturbations que connaît l'écosystème forestier ne sont ni grandes, ni faibles, mais quand elles sont intermédiaires.

1.3. Hypothèses

Dans la zone d'étude, (i) il existe un modèle de regroupement floristique basé sur la diversité spécifique, (ii) il existe aussi des affinités floristiques entre les groupes floristiques et enfin (iii) se référant à l'hypothèse des perturbations intermédiaires de Connell (1978), nous présumons que le groupe forestier le plus perturbé reste le plus spécifiquement diversifié.

1.4. Objectifs

La présente étude se base principalement sur la part de la diversité spécifique dans l'explication de l'hétérogénéité floristique au sein d'une même entité forestière. De façon secondaire, nous voulons démontrer que la variation de la diversité spécifique des ensembles floristiques et mentionner les affinités floristiques entre ensemble floristique. Aussi nous voulons élucider le fait que les perturbations forestières augmentent la diversité spécifique.

1.5. Subdivision du travail

Après l'introduction générale et la présentation du milieu d'étude (Chapitre 1) et des détails à propos de matériel et des méthodes (Chapitre 2), nous développons la partie résultats (Chapitre

3) de nos recherches pour répondre aux différentes questions soulevées ci-dessus. Avant de présenter la conclusion générale de ce travail et de dresser la série de suggestions pour les études ultérieures qui cadreront avec la thématique poursuivie dans ce travail, une discussion générale est développée au chapitre 4. Dans ce dernier chapitre, les différents résultats sont confrontés entre eux puis, débattus par rapport aux résultats d'autres auteurs.

CHAPITRE 2: MATERIEL ET METHODES

2.1. Localisation du site d'étude

Le site d'étude est localisé au cœur du secteur forestier central défini par (Robyns, 1958) dans le bassin forestier congolais, terroir de Uma, secteur de Bakumu-Kilinga, territoire d'Ubundu, province de la Tshopo de la République Démocratique du Congo (Figure 1). La zone d'étude est couverte par une image du satellite GeoEye-1 ayant une superficie d'environ 260 Km² (WGS 1984/ UTM 35N ; 361729.6/375747.6N, 362618.4/375747.4S).

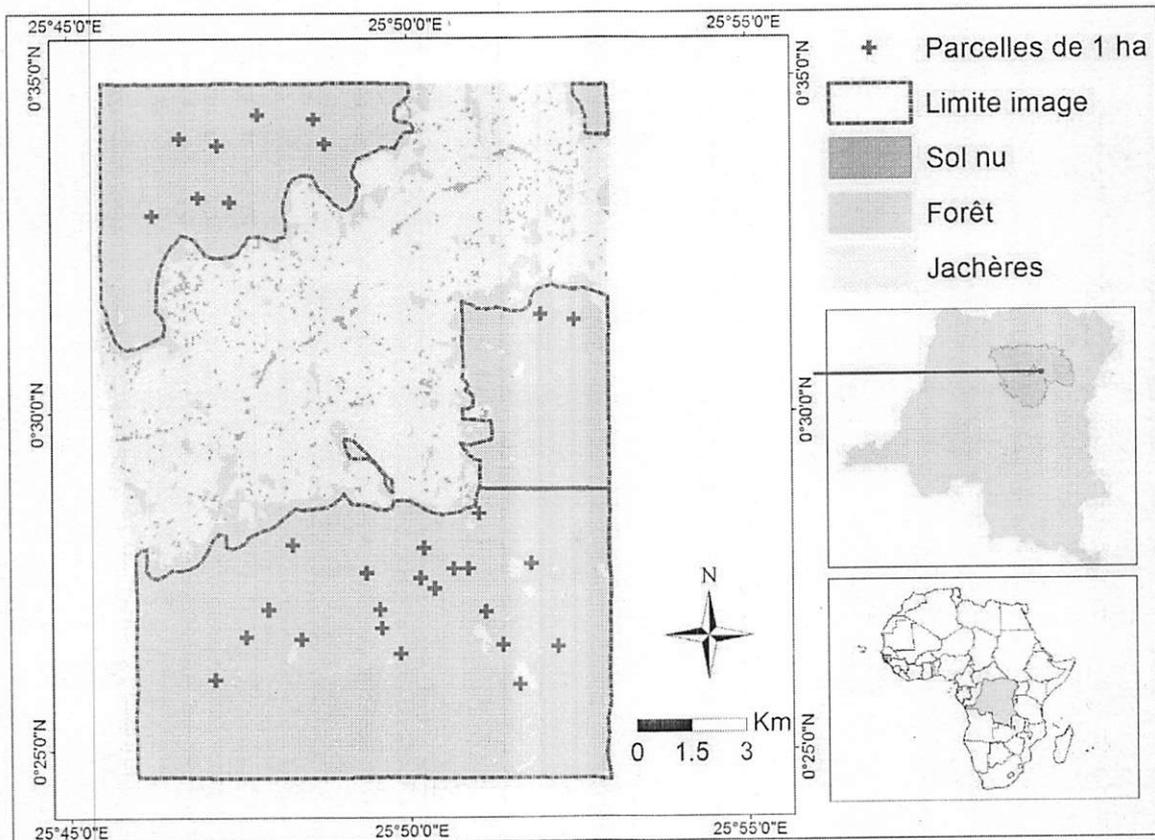


Figure 1: –Localisation du site d'étude avec une image Map de la dynamique du couvert forestier 2005-2010. Les croix représentent la localisation des parcelles d'un ha (Katembo, 2016).

Sur le plan climatique, d'après le système de classification de (Köppen, 1936), les forêts de la zone d'étude sont caractérisées par une température moyenne annuelle assez élevée (autour de 25°C) et une amplitude thermique annuelle qui reste faible et toujours inférieure à 5° C. Les précipitations moyennes annuelles oscillent autour de 1700 mm (Vandenput, 1981).

Le régime pluviométrique annuel subit une double oscillation: les maxima se présentent en octobre-novembre et mars-mai.

Les périodes de précipitations minimales se situent en juin-juillet et janvier-février. L'altitude de la région de Kisangani est moyennement faible (elle est comprise entre 350 et 500 m selon les milieux). Le terroir de Uma, notre zone d'étude, se trouvant dans la cuvette congolaise, a des altitudes qui vont jusqu'à 800 m. La physiographie du dit terroir se caractérise par deux tranches de variation du relief combinée à celle d'altitude suivant un transect nord-sud partant de la rivière Tshopo localisée au nord vers les éboulis rocheux localisés au sud.

La partie Nord se caractérise par un relief dominé par des plaines tandis que le sud a un relief très accidenté dominé par des successions des plateaux et des collines séparés les uns des autres parfois par d'importantes pentes.

Sur le plan floristique, dans la région de Kisangani, 2 types de forêts constituent le stade le plus avancé de la succession forestière sur terre ferme : il s'agit des forêts sempervirentes et des forêts semi-décidues (Hawthorne, 1995).

Les forêts sempervirentes sont constituées de deux espèces mono-dominantes, notamment le *Gilbertiodendron dewevrei* et le *Brachystegia laurentii*, qui gardent les feuilles toute l'année. Contrairement à l'espèce *Brachystegia laurentii*, qui est rare dans la zone d'étude, l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* forme des plaques de mono-dominance surtout sur les terres hydromorphes et le long des cours d'eau.

Signalons aussi que dans la zone d'étude, l'espèce *Julbernardia seretii* forme aussi quelques poches de mono-dominance. Sa mono-dominance se fait parfois sans le *Gilbertiodendron dewevrei*, parfois ces 2 espèces forment des successions (mélanges *Gilbertiodendron-Julbernardia*).

Cependant contrairement aux deux premières espèces mono-dominantes susmentionnées, le *Julbernardia seretii* est une espèce caducifoliée. Au-delà de cette mono-dominance dans la zone d'étude surtout bien marquée par le *Gilbertiodendron dewevrei*, les forêts semi-décidues qui sont majoritaires dans la zone d'étude sont constituées des forêts hétérogènes englobant des espèces mélangées dont certaines perdent leurs feuilles à un moment de l'année.

Ce phénomène de pertes de feuilles peut concerner jusqu'à 70 % de l'ensemble des espèces et il est fortement lié aux variations saisonnières (Boyemba, 2011).

2.2. Travaux de terrain

30 parcelles de 1ha chacune ont été installées dans la zone couverte par l'image Geoeye 50 cm. Dans chaque parcelle, les informations minimales sont l'identification de l'espèce et la mesure du dhp pour chaque individu. Pour tous les individus d'arbres, on commence à compter à partir du $dhp \geq 10$ cm. 2.3. Analyse des données

2.3.1. Méthodes de classifications des données floristiques (Clustering)

Dans le but de voir le seuil du niveau d'affinités floristiques entre nos relevés floristiques, nous avons procédé par une hiérarchisation de regroupement des relevés. Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (Legendre et Legendre, 1984). Elle procède en fait à la construction des groupes par agglomération successive des relevés forestiers deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition de l'ensemble des relevés forestiers sur base du caractère ou critère considéré dans la discrimination des relevés forestiers.

Il existe plusieurs méthodes hiérarchiques de groupement des relevés forestiers et plusieurs choix de calcul de la distance entre relevés forestiers. C'est l'indice de distance de Bray-Curtis qui a été retenu, avec la technique de regroupement agglomératif moyen, comme le recommandent Legendre et Legendre (1984).

Comme suggéré par Senterre (2005), lorsqu'on possède les données d'abondances, le meilleur indice de distance floristique est généralement celui de Bray-Curtis car il donne autant de poids aux différences d'abondance observées pour les espèces rares que pour les espèces abondantes. Signalons que la distance de Bray-Curtis est l'équivalent quantitatif de l'indice de Sorensen, en présence-absence. Sa formule est présentée ci-dessous.

La symbolique se définit de la manière suivante:

i et *j* représentent deux lignes (relevés) de la matrice de données,

a est le nombre d'espèces communes à *i* et *j*,

b et *c* sont le nombre d'espèces propres à *i* et à *j*, respectivement,

k représente une colonne de la matrice de données (espèce) et donc,

x_{ik} la valeur de la variable *k* (abondances de l'espèce *k*) pour la ligne *i*,

n est le nombre total de variables (espèces) dans la matrice.

$$BCd_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n [x_{ik} - x_{kj}]^2}{\sum_{k=1}^n (x_{ik} + x_{kj})} \text{ (EQ .1)}$$

Nous avons effectué une classification hiérarchique basée sur la méthode du single linkage (nearest neighbor). Cette méthode de groupement calcule la distance entre deux groupes comme la distance entre plus proches voisins appartenant à ces deux groupes.

2.3.2. Méthode d'ordination par regroupement

Dans le but d'afficher les relevés dans un plan d'ordination, nous avons procédé par une autre façon de visualiser la structure des gradients et des groupements qui consiste à extraire les principaux axes de variabilité dans le jeu de relevés. La méthode utilisée est la Principal Coordinates analysis (a.k.a Multidimensional scaling) qui utilise une matrice de distances (dissimilarités) et identifie les axes principaux de telle façon que les dissimilarités (distances) entre points soient à peu près conservées.

Comme dans la classification hiérarchique par groupement, nous avons visualisé le résultat de la classification par complète linkage sur base des dissimilarités de Bray-Curtis, par le biais d'enveloppes reliant les relevés formant un même groupe floristique.

2.3.3. Identification des espèces importantes des groupes floristiques

Afin de déterminer les espèces importantes de chaque ensemble floristique, nous avons calculé l'Indice de Valeur d'Importance (*IVI*). Dérivé de l'*Importance Value Index* de Curtis et McIntosh (1950). Cet indice représente la somme, pour chaque espèce *i*, de la densité relative

(*Drel*) et de la surface terrière relative (*Grel*). Cet indice varie entre 0 et 200, c'est-à-dire que la somme des valeurs maximales d'indice de toutes les espèces d'un ensemble floristique vaut 200.

$$IVI_{(i)} = Drel_{(i)} + Grel_{(i)} \text{ (EQ.2).}$$

$$Drel_{(i)} = \frac{N_{(i)}}{N} \times 100 \text{ (EQ.3) et } Grel_{(i)} = \frac{\sum_{a=1}^n \pi D_{a(i)}^2 / 4}{G} \times 100 \text{ (EQ.4).}$$

Où N = nombre total d'individus d'un groupe floristique; G = surface terrière totale de l'ensemble floristique ; N(i) = nombre d'individus de l'espèce i ; Da = diamètre à 1,3 m du sol de l'arbre a ; n = nombre total d'arbres de l'espèce i.

2.3.4. Identification des espèces indicatrices des groupes floristiques

L'identification d'espèces indicatrices des groupes floristiques a été sur base de la méthode IndVal. Il s'agit d'une méthode simple et pratique d'identification des espèces indicatrices et des assemblages d'espèces caractéristiques de groupes de relevés. La combinaison de l'abondance relative d'une espèce et de sa fréquence relative constitue le principe de cette méthode. Pour ce principe, une espèce est considérée indicatrice d'un groupe de relevés donné si elle lui est fidèle (donc absente ou relativement moins fréquente dans les autres groupes de relevés) et si elle est présente dans la majorité des relevés de ce groupe (occurrence).

La valeur indicatrice IndVal_{ij} d'une espèce i vis-à-vis d'un groupe de relevé j se calcule alors de la manière suivante:

$$\text{IndVal}_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100 \text{ (EQ.5).}$$

Où $A_{ij} = N_{\text{individus}_{ij}} / N_{\text{individus}_i}$: moyenne des abondances de rapport à tous les groupes – mesure de fidélité.

et $B_{ij} = N_{\text{sites}_{ij}} / N_{\text{sites}_j}$: nombre de relevés occupés par l'espèce i parmi ceux du groupe j – mesure de d'occurrence.

La fidélité (parfois appelée présence) se définit comme le nombre de relevés d'un groupe j où une espèce i est présente, rapporté au nombre total de relevés constituant le groupe j. La fidélité est donc un caractère synthétique d'une communauté végétale. L'occurrence, autre caractère synthétique, s'apparente à la fidélité mais à un niveau encore supérieur, c'est-à-dire non pas au sein des relevés d'une seule communauté végétale mais parmi l'ensemble des communautés végétales étudiées.

Une espèce peut n'être absolument pas occurrente pour une communauté végétale donnée (si elle n'y apparaît que dans un relevé), ni même fréquente (si elle est rare au sein de cet unique relevé), mais pourtant lui être parfaitement fidèle (si on ne la retrouve dans aucune autre communauté végétale).

2.3.5. La diversité locale par groupe floristique

La diversité locale a été calculée à partir du logiciel Past. Elle indique le nombre d'espèces qui coexistent dans un habitat homogène et la manière dont les effectifs sont repartis entre les espèces. Cette diversité peut être calculée à l'aide de plusieurs indices dont ceux qui ont été utilisés pour cette étude sont repris ci-dessous.

a. Indice de Fisher-alpha

Son avantage est qu'il s'agit d'un indice qui montre bien la variation de la diversité d'espèces dans une parcelle. Il varie de 0 à plusieurs dizaines, il peut même atteindre 60 et plus dans une parcelle. Cet indice est beaucoup influencé par les espèces rares (Marcon, 2013).

$$S = aX \ln\left(1 + \frac{n}{a}\right) \text{ (EQ.9)}$$

S : Nombre d'espèces, n : Nombre d'individus et a : Indice de Fisher_alpha

b. Richesse spécifique

Elle représente le nombre d'espèces répertoriées dans une parcelle. Selon (Kietet, 1998), pour décrire un peuplement forestier, il faut s'intéresser à l'évolution de sa richesse spécifique.

2.3.6. Partage floristique entre les groupes floristiques

A l'aide du logiciel BiodivR, nous avons calculé l'indice de similarité de Morisita-Horn (MH) pour tester la similarité floristique entre les groupes floristiques. L'indice MH représente le

rapport entre la probabilité que 2 individus tirés au hasard dans deux catégories appartiennent à la même espèce et la probabilité que 2 individus tirés au hasard dans la même catégorie appartiennent à la même espèce (Hardy, 2009). Cet indice varie entre 0 à 1 et deux groupes forestiers sont floristiquement différents si MH tend vers 0 (soit toutes les valeurs <0,5) et identiques si MH tend vers 1 (soit toutes les valeurs $\geq 0,5$; valeur proche de 1). Il se calcule par la formule ci-dessous:

$$MH = \frac{2\sum(a_n i X b_n i)}{(d_a + d_b) X a_N X b_N} \text{ (EQ.10).}$$

Où a_N = nombre d'individus de la catégorie a ; b_N = nombre d'individus de la catégorie b ; $a_n i$ = nombre d'individus de l'espèce i dans la catégorie a ; $b_n i$ = nombre d'individus de l'espèce i dans la catégorie b ; d_a : nombre d'espèces spécifiques à la catégorie a ; d_b = nombre d'espèces spécifiques à la catégorie b (Magurran, 2004).

CHAPITRE 3. RESULTATS

3.1. Classification et ordination des parcelles forestières

13433 arbres ont été inventoriés. Ces arbres représentent 297 espèces réparties dans 163 genres de 44 familles botaniques. La discrimination de 30 parcelles forestières par méthode hiérarchique de groupement sur base de la distance de Bray-curtis affiche 3 groupes floristiques éventuels. Ces 3 groupes floristiques ne sont pas floristiquement identiques jusqu'à environ 75 %. Le premier groupe est caractérisé par l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei*. C'est donc le groupe des parcelles affichant une certaine monodominance de cette espèce dans la zone d'étude. Le deuxième groupe est caractérisé par l'espèce *Millettia drastica* et le troisième groupe par l'espèce *Aidia micrantha*.

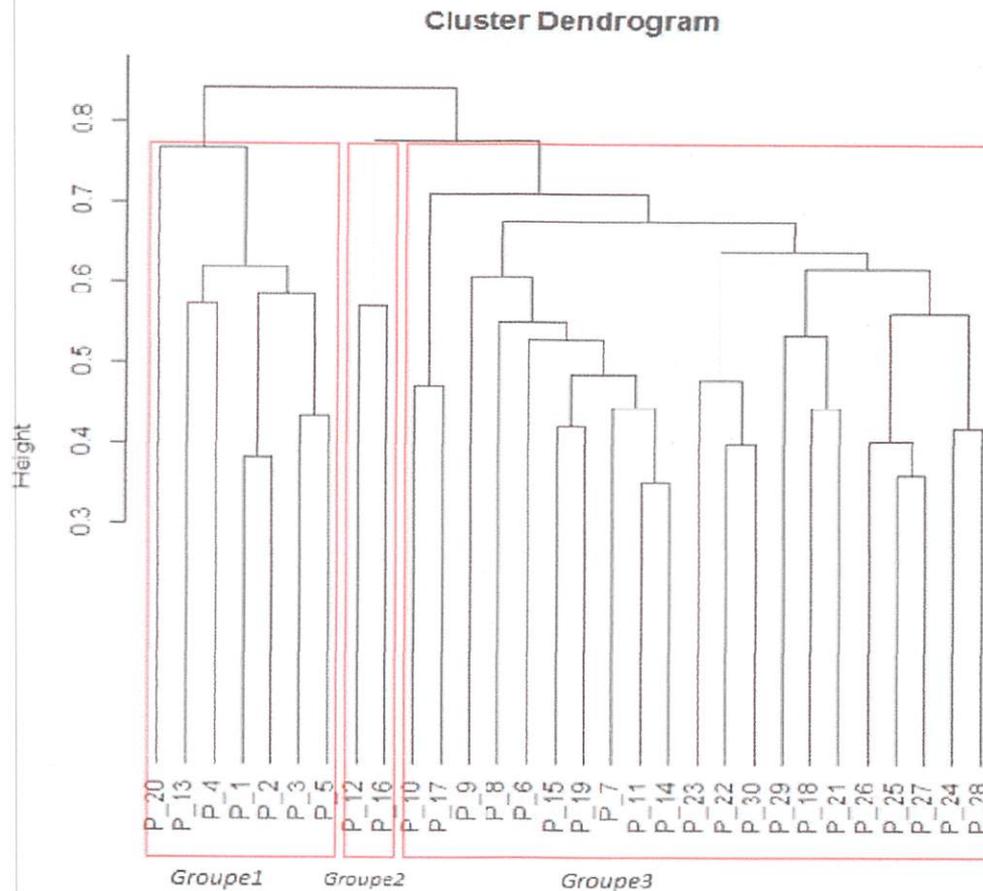


Figure 2- Classification des parcelles forestières

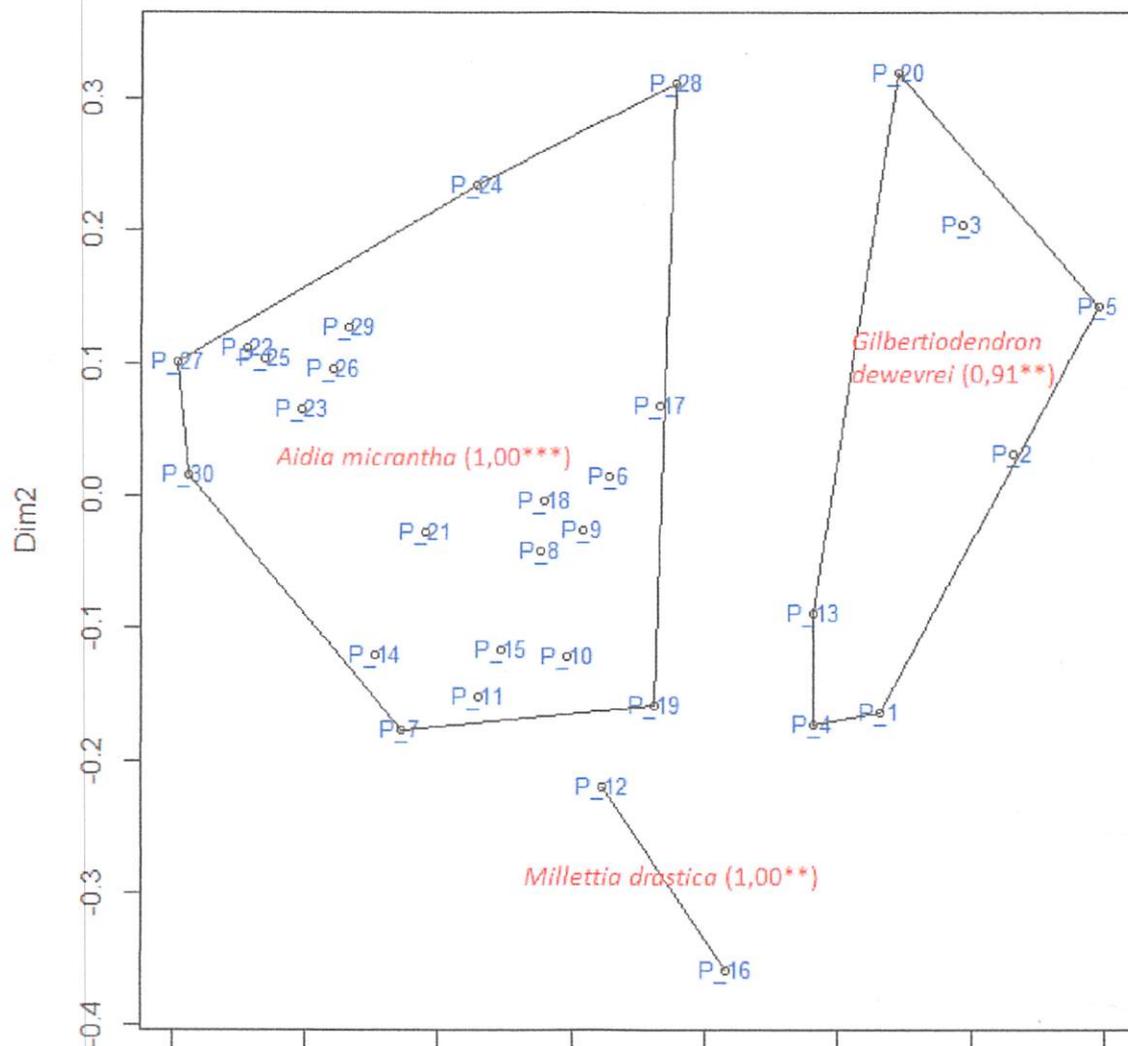


Figure 3- Ordination des parcelles forestières avec leurs espèces caractéristiques

3.2. Espèces importantes des groupes floristiques

Le groupe 1 est dominé par les espèces *Gilbertiodendron dewevrei* (25 %), *Julbernardia seretii* et (16,5 %) et *Anonidium mannii* (9 %) (Figure 4). Le groupe 2 est dominé toujours par les espèces *Julbernardia seretii* et (24,5 %) et *Anonidium mannii* (17 %) mais aussi par l'espèce *Cola gigantea* (figure 5). Le groupe 3 est dominé par les espèces *Petersianthus macrocarpus* (21,3 %), *Julbernardia seretii* (10,5 %) et le *Greenwayodendron suaveolens* (7,6 %) (Figure 6).

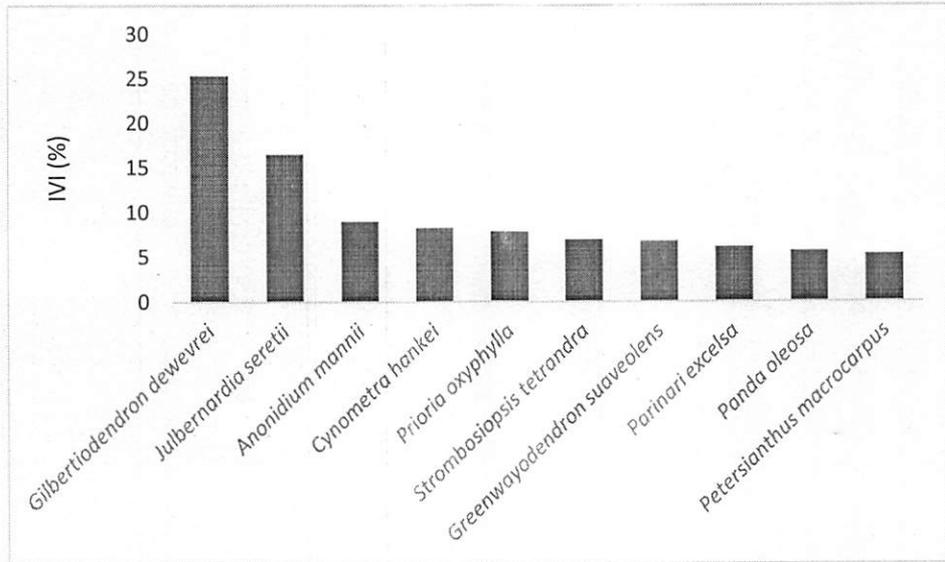


Figure 4 :- Espèces importantes du groupe 1

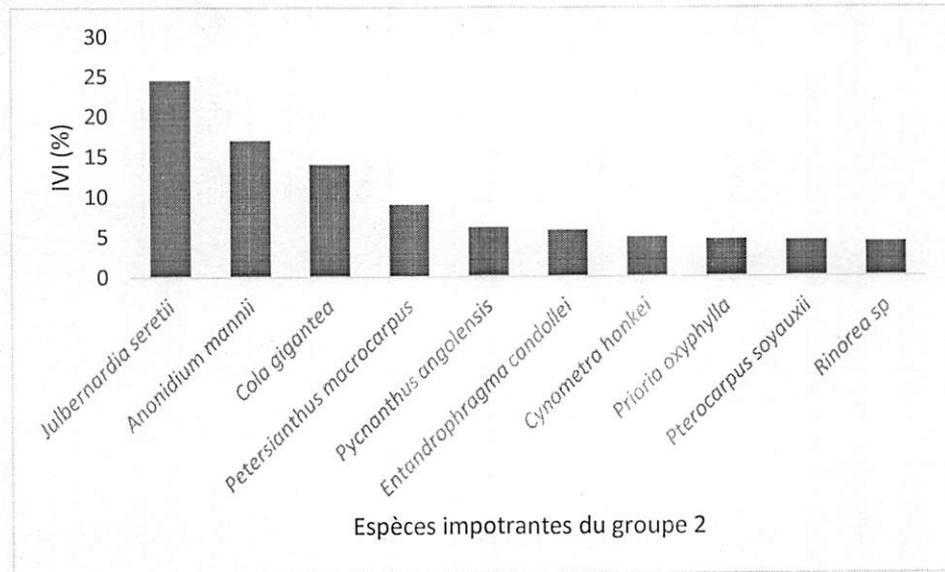


Figure 5 :- Espèces importantes du groupe 2

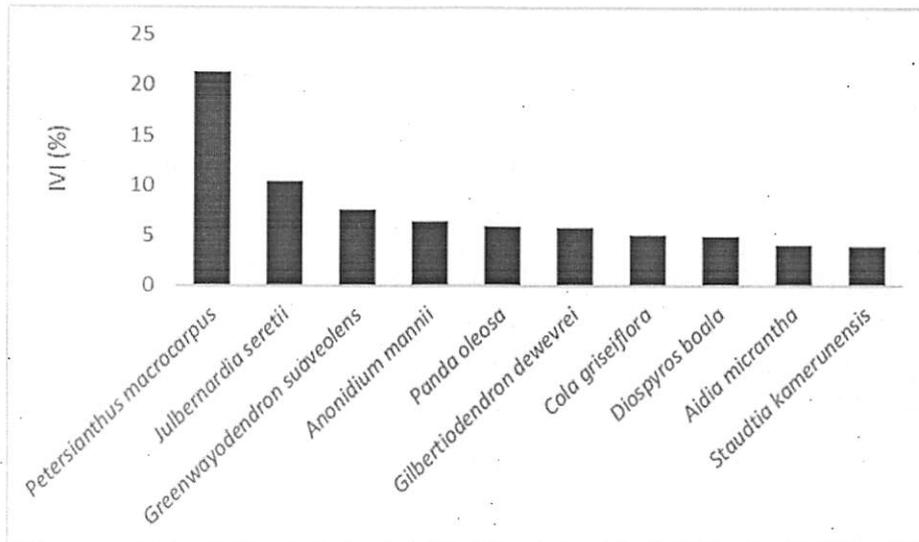


Figure 6 :- Espèces importantes du groupe 3

En somme, l'analyse de l'indice de valeur d'importance pour l'ensemble des parcelles d'étude montre que l'espèce *Petersianthus macrocarpus* (IVI = 17 %), une espèce de forêt en évolution ou stade de succession secondaire et unique représentant de la famille des Lecythidaceae dans la région de Kisangani, est présente parmi les 5 espèces importantes dans l'ensemble des parcelles d'étude. *Julbernardia seretii* (12,7 %) et *Gilbertiodendron dewevrei* (9,5 %), deux espèces de forêts monodominantes indicatrices de stade avancé ou climax d'un peuplement viennent après l'espèce *Petersianthus macrocarpus*.

Tableau 1 :- IVI des espèces pour l'ensemble des parcelles d'étude

Espèces	Dominance relative (%)	Densité relative (%)	IVI (200 %)
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	10.8	6.2	17.0
<i>Julbernardia seretii</i>	9.8	2.9	12.7
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	5.4	4.1	9.5
<i>Anonidium mannii</i>	3.1	4.6	7.7
<i>Greenwayodendron suaveolens</i>	2.6	4.6	7.2
<i>Panda oleosa</i>	3.1	2.4	5.5
<i>Cynometra hankei</i>	3.2	1.1	4.3
<i>Cola griseiflora</i>	1.0	3.2	4.2
<i>Diospyros boala</i>	0.9	3.0	3.9
<i>Prioria oxyphylla</i>	2.2	1.6	3.8
Autres	57.8	66.3	124.1
Total	100	100	200

3.3.Espèces caractéristiques par groupe forestier

Comme signalé ci-dessus, la présence de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* dans la liste des espèces caractéristiques du groupe 1 (tableau2) montre que ce groupe englobe les parcelles affichant la monodominance de cette espèce dans la zone d'étude.

Tableau 2 :- Espèces caractéristiques du groupe 1 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei*)

8 espèces indicatrices pour le groupe 1					
Num	Espèces	Probabilité		Indival (IndVal.g)	
		A (Fidélité)	B (Occurrence)	Indival	p > 5%
1	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	0.68	1.00	0.82	0.01**
2	<i>Diospyros hoyleana</i>	0.94	0.71	0.82	0.05*
3	<i>Omphalocarpum leconteanum</i>	0.94	0.71	0.82	0.03*
4	<i>Paraberlinia bifoliolata</i>	0.94	0.71	0.82	0.03*
5	<i>Garcinia smeathmannii</i>	1.00	0.57	0.76	0.02*
6	<i>Grewia oligoneura</i>	1.00	0.57	0.76	0.01**
7	<i>Cleistanthus mildbraedii</i>	0.86	0.57	0.70	0.04*
8	<i>Berlinia bracteosa</i>	1.00	0.43	0.66	0.01*

Les espèces caractéristiques du groupe 2 (tableau3) appartiennent au groupe des espèces de forêt intacte. Ceci démontre que ce groupe caractérise les parcelles installées dans les zones sans perturbations forestières (chablis ou autres).

Tableau 3 :-Espèces caractéristiques du groupe 2 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt mixte intacte

<i>11 espèces indicatrices pour le groupe 2</i>					
Num	Espèces	Probabilité		Indival (IndVal.g)	
		A (Fidélité)	B (Occurrence)	Indival	p > 5%
1	<i>Millettia drastica</i>	0.95	1.00	0.98	0.01**
2	<i>Parkia filicoidea</i>	0.88	1.00	0.94	0.01*
3	<i>Berlinia congolensis</i>	0.84	1.00	0.92	0.01**
4	<i>Cola digitata</i>	0.75	1.00	0.87	0.04*
5	<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	0.68	1.00	0.82	0.01**
6	<i>Hunteria congolana</i>	0.68	1.00	0.82	0.04*
7	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0.66	1.00	0.81	0.04*
8	<i>Milicia excelsa</i>	0.64	1.00	0.80	0.04*
9	<i>Rinorea sp</i>	0.51	1.00	0.72	0.01*
10	<i>Diospyros crassiflora</i>	0.49	1.00	0.70	0.03*
11	<i>Synsepalum stipulatum</i>	0.48	1.00	0.69	0.03*

Dans la liste des espèces caractéristiques du groupe 3 (tableau4), on trouve une espèce pionnière indicatrice des perturbations forestière à l'occurrence le *Funtumia africana*. Ceci démontre que ce groupe englobe les parcelles installées dans les zones anciennement perturbées.

Tableau 4 :- Espèces caractéristiques du groupe 3 (ce groupe est dénommé ci-dessous forêt mixte perturbée)

<i>8 espèces indicatrices pour le groupe 3</i>					
Num	Espèces	Probabilité		Indival (IndVal.g)	
		A (Fidélité)	B (Occurrence)	Indival	p > 5%
1	<i>Aidia micrantha</i>	0.88	1.00	0.94	0.001***
2	<i>Garcinia punctata</i>	0.75	0.86	0.80	0.003**
3	<i>Guarea thompsonii</i>	1.00	0.62	0.79	0.010**
4	<i>Hannoa klaineana</i>	0.56	0.90	0.71	0.025*
5	<i>Funtumia africana</i>	0.51	0.95	0.69	0.021*
6	<i>Celtis tessmannii</i>	0.45	1.00	0.67	0.023*
7	<i>Drypetes likwa</i>	0.45	1.00	0.67	0.020*
8	<i>Grewia trinervis</i>	0.44	1.00	0.66	0.035*

3.4. Diversité floristique locale par groupe floristique

L'évaluation de la diversité locale (tableau 5) montre que le groupe englobant les parcelles installées dans les zones anciennement perturbées est le plus diversifié. Celui-ci est suivi par le groupe des parcelles installées dans les zones intactes. Enfin, vient le groupe des parcelles affichant la mono dominance grâce à la présence de *Gilbertiodendron dewevrei* dans ce groupe. Aussi, remarque-t-on que cette diversité locale diffère entre les groupes floristiques (figure 7).

Tableau 5 :- Indices de diversité locale par groupe floristique

Paramètres	Forêt mixte perturbée	Forêt mixte intacte	Forêt monodominante à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	p-value
Densité	466±58	475±45	384±51	2.6
Richesse spécifique	93±9	88±26	75±11	0.7
Diversité de Fisher alpha	35.30±4.35	32.41±12.74	28.05±5.9	3.6

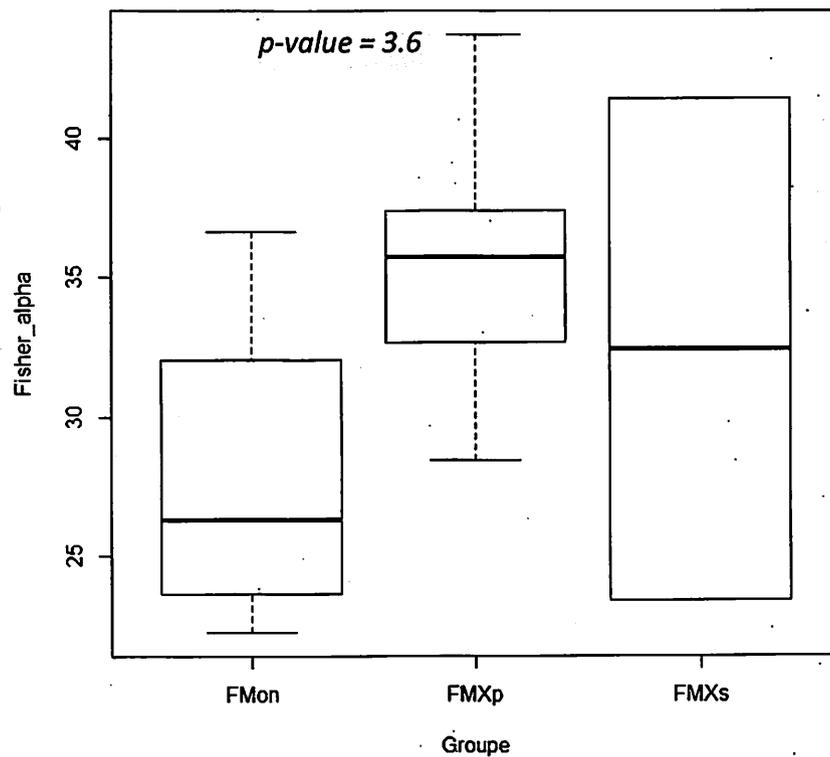


Figure 7 :- Variation intra et intergroupes floristiques de la diversité alpha

La boîte représente l'intervalle dans lequel sont regroupés 50 % des valeurs des richesses spécifiques et la barre épaisse à l'intérieur de la boîte indique la richesse spécifique moyenne ; la barre basse indique la richesse spécifique minimale et la barre haute la richesse spécifique maximale.

3. 5. Lien floristique intergroupes

L'évaluation des affinités floristiques intergroupes (tableau6) montrent que (1) le groupe des parcelles sans perturbation forestière partage peu d'espèces (49 %) avec le groupe des parcelles avec perturbation forestière, (2) le groupe des parcelles monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* partagent un grand nombre d'espèces avec le groupe des parcelles avec perturbation forestière (72 %), aussi avec les parcelles de forêt intacte (58 %).

Tableau 6 : - Indice de similarité de Morisita-Horn

Groupes forestiers	Forêt mixte perturbée	Forêt mixte intacte	Forêt monodominante à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>
Forêt mixte perturbée	1	0.49	0.72
Forêt mixte intacte		1	0.58
Forêt monodominante à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>			1



CHAPITRE 4. DISCUSSION

Dans la présente étude nous avons démontré qu'il existe trois groupes floristiques aux espèces indicatrices différentes dans la zone d'étude. Les résultats de la classification via la méthode hiérarchique de groupement sur base de la distance de Bray- Curtis affichent 3 groupes floristiques. Un groupe de forêt mixte avec perturbation forestière qui englobe certaines espèces indicatrices telle que *Funtumia Africana*, *Trilepisium madagascariense* et *Petersianthus macrocarpus*.

La présence des espèces héliophiles dans ce groupe est sûrement favorisée par la présence des taches importantes de lumière dans les parties forestières englobant les relevés caractérisés par cette espèce. D'après les travaux de Boyemba (2011) appuyés par ceux de Lisingo (2016), la caractérisation d'un groupe forestier par des essences héliophiles témoigne une ancienne perturbation anthropique. L'histoire de la zone d'étude indique que dans la partie Nord du milieu d'étude, la forêt fut anciennement perturbée vers les années 2005 par une société d'exploitation forestière.

C'est ce phénomène qui justifie la présence de ces espèces héliophiles dans les forêts localisées assez loin des actions anthropiques notamment des champs des populations riveraines. Au-delà de ce phénomène de perturbation pouvant être attribué à l'action de l'homme et comme ce groupe caractérisé par les héliophiles englobe la plupart des parcelles forestières, il est évident de prédire que la forêt étudiée est en pleine évolution vers le stade climax ou qu'il y a des dynamiques sylvigénétiques (chablis, successions) qui se déroulent à une échelle très locale.

Le groupe des forêts intactes est caractérisé par les espèces tolérantes à la lumière. Dans la zone d'étude, ces forêts sont localisées sur les sommets des collines localisées dans la zone englobant les Inselbergs, les éboulis rocheux et des ravins aux pentes fortes de la partie Sud de la zone d'étude. Ces éléments susmentionnés démontrent que cette partie de la forêt étudiée englobe des portions forestières difficiles à être exploitées par l'homme. Et donc si l'on veut pratiquer la conservation de la flore et faune dans la forêt étudiée, il faut le faire dans cette partie bénéficiant d'un relief accidenté. Lebrun et Gilbert (1954) ont démontré dans le secteur forestier central de la cuvette centrale congolaise, il existe des groupements floristiques

édaphiques ou sylvigénétiques caractérisés physionomiquement par un mélange intime des essences sempervirentes et caducifoliées.

Ces groupements s'étendent dans l'ensemble de la cuvette forestière congolaise et même dans le Mayumbe (Donis, 1948 cité par Lisingo, 2016). Ce phénomène évoqué par Lebrun et Gilbert (1954) se manifeste par des poches forestières à *Gilbertiodendron dewevrei*, une espèce sempervirente, entremêlé à d'autres espèces de forêt caducifoliée mixte.

L'analyse du tableau 6 relatif à l'indice de similarité de Morisita-Horn démontre que les trois groupes floristiques, à savoir: la forêt mixte perturbée, la forêt mixte intacte et la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* pris deux à deux partagent une certaine similarité en termes de nombre d'espèces. Les résultats montrent qu'il y a une assez bonne similarité entre la forêt mixte perturbée et la forêt mono dominante (soit 0,72) contrairement à ce qui est observé entre la forêt mixte intacte et la forêt monodominante (soit 0,58) et moins encore lorsqu'on oppose les forêts mixtes entrent-elles (0,49). Plusieurs auteurs estiment d'un côté que les forêts monodominantes sont spécifiquement moins riches que leurs forêts mixtes adjacentes (Hart *et al*, 1989 ; Peh, 2009 ; Fonty 2011 ; Sabongo, 2015). D'un autre côté, la perturbation si elle est d'origine anthropique ou pas réduirait la régénération des espèces à croissance lente et d'ombre (Jesel, 2005) et par conséquent pourrait impacter leur nombre. A cet effet, l'indice de similarité de 72% enregistré entre la forêt mixte perturbée et la forêt monodominante montre relativement que la monodominance classique et la perturbation auraient certainement joué en faveur du nombre d'espèces dans notre cas. Egalement au regard l'IVI des espèces du groupe floristique monodominant, les espèces accompagnatrices de *G. dewevrei* en forêt monodominante figurent en nombre dans le cortège floristique des forêts mixtes perturbées.

En ce qui concerne les caractéristiques floristiques, les forêts monodominantes ont un sous-bois clairsemé permettant une progression aisée et une bonne visibilité. Par ailleurs, ces peuplements apparaissent comme la phase ultime de l'évolution forestière qui lui confère un caractère climacique (Lebrun et Gilbert, 1954).

L'importance des espèces rares augmente la diversité de la forêt monodominante au point de concurrencer la richesse de la forêt mixte. Ce phénomène a été signalé par Makana (1999) dans la forêt d'Ituri. Selon ce dernier, les forêts monodominantes semblent être aussi riches

que les forêts mixtes. Notamment dans les écosystèmes très diversifiés, la coexistence des espèces, peut-être induite par de nombreux facteurs.

Le degré d'ouverture de la canopée serait d'après certains auteurs la principale cause de cette situation (Hart et *al.*, 1989 ; Torti et *al.*, 2001, Makana et *al.*, 2004). Le rapprochement floristique de nos 3 groupes floristiques montrent que les espèces de ces groupes partagent certains traits fonctionnels clés comme le tempérament vis-à-vis de la lumière (Cornelissen et *al.*, 2003 ; Kouob, 2009).

Aussi, nous avons remarqué que le groupe forestier le plus perturbé bénéficie d'une forte diversité comparativement aux autres groupes. Cette forte diversité peut être expliquée par le haut potentiel de dispersion des espèces ainsi que par les nombreuses ouvertures de la canopée forestières. Crist et *al.*, 2003 dans forêt d'Amazonie a remarqué que la diversité et la richesse spécifique sont influencées par ces facteurs susmentionnés.

Dans la forêt tropical de Mbaiki en République Centre Africaine, Beina (2011) a constaté que la diversité augmente avec l'intensité des perturbations du fait que la richesse spécifique de la banque des plantules augmente avec le degré de l'ouverture de la canopée ou à la production massive de graines par les semenciers environnants aux dépens de la perturbation. En plus, l'augmentation de la diversité spécifique suite à la perturbation est la conséquence d'une altération de la composition floristique.

C'est pourquoi cette augmentation de diversité s'accompagne d'un déplacement de la composition floristique vers un pôle plus héliophile (Molino et Sabatier, 2001). Les affirmations de ces auteurs nous poussent à confirmer notre troisième hypothèse qui stipule que le groupe forestier le plus perturbé bénéficie d'une forte diversité comparativement aux autres groupes.

CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

La présente étude s'est basée principalement sur la part de la diversité spécifique dans l'explication de l'hétérogénéité floristique au sein d'une même entité forestière. De façon secondaire, nous avons voulu démontrer la variation de la diversité spécifique des ensembles floristiques en mentionnant le rôle des perturbations forestières et de la monodominance spécifique dans l'explication de la variation de cette diversité spécifique.

Nous avons aussi mentionné le seuil des affinités floristiques entre ensemble floristique. Les résultats obtenus montrent qu'il existe trois ensembles forestiers dans la zone d'étude. Un ensemble forestier intact à *Millettia drastica*, un deuxième à *Aidia micrantha* affichant des traits des anciennes perturbations forestières et un troisième à *Gilbertiodendron dewevrei* affichant la monodominance de cette espèce dans la zone d'étude. Ces ensembles floristiques partagent un certain nombre d'espèces entre elles.

Aussi, nous avons mentionné que l'ensemble forestier perturbé est le plus diversifié.

Pour les études à venir, il est maintenant important de procéder à une étude de mise en relation de ces 3 ensembles forestiers et des facteurs ou l'histoire du milieu. Cette approche pourra permettre de connaître les patrons à l'origine de ces 3 ensembles floristiques dans l'entité forestière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 de doctorat inédite, Université de Picardie Jules Verne, 143 p.
- 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**, 2011. Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat inédite, ULB, 166 p.
- Carl, M.**, 2007. Quel avenir pour les forêts de la République Démocratique du Congo ? Instruments et mécanismes innovants pour une gestion durable des forêts. Reflection and discussion paper - 2007/01. 79p.
- Connell, J. H**, 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302–1310.
- Curtis, J.T. & McIntosh, R.P.**, 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31: 434-455 pp.
- Crist, Thomas, O., Joseph, A. Veech, Jon, C. Gering, and Keith, S. Summerville.**, 2003. Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of α , β , and γ diversity. *The American Naturalist* 162, no. 6 (2003): 734–743.
- Donis, C.** 1948. Essai d'économie forestière au Mayumbe. *Publ. INEAC*, Sér. scient. n° 37, 92 p.
- Ernst C., Verhegghen A., Bodart C., Mayaux P., de Wasseige C., Bararwandika A., Begoto G., Esono Mba F., Ibara M., Kondjo Shoko A., Koy Kondjo H., Makak J.S., Menomo Biang J.D., Musampa C., Ncogo Motogo R., Neba Shu G., Nkoumakali B., Ouissika C.B. and Defourny P.**, 2010. Congo Basin forest cover change estimate for 1990, 2000 and 2005 by Landsat interpretation using an automated object-based 39 processing chain. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-4/C7

Fournier, et Sasson 1983. Les Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique, Paris, 473 p.

Froment et Bahuchet 2003 L'homme suit-il les forêts ? La Recherche ; HORS SERIE

Hall, J.S., Mc Kenna, J.J., Ashton, P.M.S. & Gregoire, T.G., 2004. Habitat characterizations underestimate the role of edaphic factors controlling the distribution of *Entandrophragma*. Ecological Society of America, Ecology 85(8): 2171-2183 pp.

Hart, T. B., J. A. Hart, and P. G. Murphy. 1989. Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence. American Naturalist 133:613-633.

Hardy, O., 2009. BiodivR1.1. A program to compute indices of species diversity within sample and species similarity between samples using rarefaction principles to reduce

Hawthorne, W., 1995. Holes and the sums of parts in Ghanaian forest: regeneration, scale and sustainable use. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. *Biological Sciences* 104:75-176.

Jesel, S., 2005. *Ecologie et dynamique de la régénération de Dicorynaguinensis (Caesalpinacea) dans une forêt guyanaise*. Thèse de doctorat, Institut Nationale Agronomique, Paris-Grignon, 288p.

Katembo, J., 2013. Etude de la variabilité structural et floristique dans les forêt d' Uma, R.D. Congo, 39p .

Kiet, M., 1998. Les formations forestières du Parc National de Cat Tien (Viêt-nam): caractérisation structurale et floristique, étude de la régénération naturelle et de la dynamique successionnelle.

Köppen, 1936. Das geographische System der Klimate. *Handb Klimatologie, I, C*, Berlin. la Nature Intégrée, 52p.

Lebrun, J. et Gilbert, 1954. Une classification écologiques des forêts du Congo. *Publ. INEAC*, Série Sc. N° 63 : 89 p.

Lisingo, W., 2016. Organisation spatiale de la diversité floristique d' arbres en forêt tropicale dans le bassin nord-est de la cuvette centrale cong 148 p.

- Lokombe**, 2004. Caractéristiques dendrométriques et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* en région de Bengamisa, Thèse inédite, IFA, 223p,
- Magurran**, 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing company, United Kingdom. 256p.
- Marcon, E**, 2013. Mesures de la Biodiversité. Retrieved from http://spip.ecofog.gf/IMG/pdf/mesures_de_la_biodiversite.pdf
- Pelissier,R**, 1995. Relations entre l'hétérogénéité spatiale et la dynamique de renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente (Foret d'Uppangala - Ghats occidentaux de l'Inde.) Université Claude Bernard-Lyon 1, Lyon, 244 p.
- Pélissier, R**, 2010. Organisation spatiale de la diversité des arbres des forêts tropicales aux échelles régionales: enjeux méthodologiques et application. *Tropical forest ecology*, IRD, p 149-163.
- Peh, KS-H**, 2009. The Relationship between Species Diversity and Ecosystem Function in Low- and High-diversity Tropical African Forests;Thèse inédit doct, The University of Leeds., 211p.
- Robyns, W**. 1958. Flore du Congo belge et du Rwanda Urundi. Tableau analytique des Familles. *Publ. INEAC*. Bruxelles, 69 p.
- Senterre**, 2005. Recherche méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie. 345 p.
- Vandenput**, 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai: édit. Lesaffre,45 8P.