

**UNIVERSITE DE KISANGANI  
FACULTE DES SCIENCES**

*Département d'Ecologie et Gestion  
des Ressources Végétales*



**B.P. 2012  
KISANGANI**

**MODELISATION DE L'IMPLICATION DE L'HYDROMORPHIE DU SOL  
SUR LA DIVERSITE, LA DISTRIBUTION DES ABONDANCES ET LA  
STRUCTURATION SPATIALE DES POPULATIONS D'ARBRES  
DANS LA FORET DE UMA  
(UBUNDU, R.D.CONGO)**

Par

**Bénie YALANGA MAYALA**

**Travail de fin d'étude**

Présenté et défendu en vue de l'obtention  
du grade de Licenciée en Sciences

Option : Biologie

Orientation : Botanique

Directeur : Prof. Hyppolite NSHIMBA S.M.

Encadreur : C.T John MABAY K.

**ANNEE ACADEMIQUE : 2013 - 2014**

## **DEDICACES**

A notre père Guillaume YALANGA BAELONGANDI

A notre Mère Angèle MAYALA BISWESWE

A nos sœurs Harmonie, Osée, Syntyche et Grâce

A notre frère Godé YALANGA

**Bénie YALANGA MAYALA**



## REMERCIEMENTS

Nous ne pouvons terminer ce travail sans pour autant exprimer nos sentiments de gratitude aux personnes qui nous ont assistés pendant nos études et la réalisation du dit travail

Notre remerciement s'adresse avant tout au Maître des toutes choses, Dieu tout puissant pour sa grâce, sa miséricorde sans lesquelles nous n'allons pas aboutir

Nous exprimons notre profonde reconnaissance au Professeur Hippolyte SHIMBA d'avoir accepté la direction de ce travail. Nous remercions sincèrement le CT John MABAY qui malgré ses différentes occupations a accepté de nous encadrer et de nous former durant tout le temps de notre recherche.

Nous pensons remercier tout le corps scientifique de l'Université de Kisangani en général et la faculté des sciences en particulier.

Nous adressons nos sentiments de gratitude les plus profonds à nos parents : Guillaume YALANGA et Angèle MAYALA pour les efforts et privations connus pour notre formation depuis l'école primaire jusqu'à la fin de nos études universitaires. Que nos sœurs Harmonie, Osée, Syntyche et Grace se sentent remercier sans oublier notre frère Godé.

Nous tenons à remercier le couple BAMPILE, BAKAMBANA, l'union musicale la borne et toute l'église pour leur soutien spirituel et moral.

Notre reconnaissance s'adresse aux familles MAYALA et LUWANGU. En particulier mon oncle Godé MAYALA pour le soutien tant morale que financier.

Nous exprimons nos remerciements à nos amis et frères Jocelyne SINELE, Giselle KABAMA, Prisca MBWAMA, José, Francis, Horly, Bibiche, Gaby, Noëlla et Judine. Que nos condisciples se sentent remercier.

Enfin nous remercions toute personne qui de près ou de loin a contribué à la réussite de ce travail

**Bénie YALANGA MAYALA**



## LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Carte de localisation de la forêt de Uma (source : adaptée du WCS, 1989).
- Fig. 2 : Effectifs des différents groupes taxonomiques recensés
- Fig. 3 : Histogramme éclaté de densité relative des espèces sur sols hydromorphes.
- Fig. 4 : Histogramme éclaté de densité relative des familles sur sols hydromorphes.
- Fig. 5 : Histogramme éclaté de dominance relative des espèces sur sols hydromorphes
- Fig. 6 : Histogramme éclaté de dominance relative des familles sur sols hydromorphes
- Fig. 7 : Histogramme éclaté de diversité relative des familles sur sols hydromorphes.
- Fig. 8 : Dendrogramme de similarité floristique de 4 placettes sur sols hydromorphes.
- Fig. 9. Dendrogramme de structuration spatiale des diversités spécifiques des parcelles sur sols hydromorphes.
- Fig. 10. Dendrogramme des regroupements spécifiques des populations sur sols hydromorphes.
- .Fig. 11. Histogramme des densités par parcelle sur sols hydromorphes.
- Fig. 12. Comparaison des densités par bandes de 50 m x 100 m sur sols hydromorphes
- Fig. 13. Structure diamétrique totale sur sols hydromorphes.
- Fig.14. Effectifs des différents groupes taxonomiques recensés sur terre ferme
- Fig. 15. Histogramme éclaté de densité relative des espèces sur terre ferme
- Fig. 16 Histogramme éclaté de densité relative des familles sur terre ferme
- Fig. 17.Histogramme éclaté de dominance relative des espèces sur terre ferme
- Fig. 18. Histogramme éclaté de dominance relative des familles sur terre ferme.
- Fig.19. Histogramme éclaté de diversité relative des familles sur terre ferme



- Fig. 20. Diagramme de similarité floristique de 4 placettes sur terre ferme.
- Fig.21. Dendrogramme de structuration spatiale des diversités spécifiques des Parcelles sur terre ferme.
- Fig.22. Regroupement spécifique des populations dominantes sur terre ferme
- Fig. 23. Histogramme des densités par parcelle sur terre ferme.
- Fig. 24. Comparaison des densités par bandes de 50 m x 100 m sur terre ferme.
- Fig. 25. Structure diamétrique totale sur terre ferme.
- Fig. 26. A : Regroupement floristique spatial.
- Fig. B : Dendrogramme de similarité floristique des parcelles
- Fig.27. Dendrogramme relationnel de la diversité spécifique entre parcelle
- Fig. 28. Répartition des valeurs de densités par parcelle et par substrat
- Fig. 29. Boite de dispersion des densités des Sols hydromorphes et Terre ferme
- Fig.30. Valeurs comparées des densités des différents peuplements à Gilbertiodendron dewevrei.
- Fig. 31. Dendrogramme de structuration spécifique des populations.
- Fig. 32. Structures diamétriques totales comparées TF et SH
- Fig. 33. Comparaison des surfaces terrières moyennes SH et TF

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat (sol hydromorphe)

Tableau 2 : Indice de diversités des parcelles de sol hydromorphe

Tableau 3 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat (terre ferme)

Tableau 4 : Indice de diversités par parcelle



## RESUME

Le présent travail est consacré à la modélisation de l'implication de l'hydromorphie du sol sur quelques caractéristiques de la végétation, plus particulièrement sur la diversité, la distribution des abondances et la structuration spatiale des populations d'arbre dans la forêt de Uma (Ubundu.R.D.congo).

L'objectif principal est de ressortir les différents modèles floristiques et structuraux qui facilitent la compréhension du fonctionnement des forêts tropicales, pour leur gestion raisonnée et durable.

La méthode utilisée était celle des placeaux établis sur une superficie de deux hectares dans les différents substrats (Sols hydromorphes et terre ferme), en raison d'1 ha par substrat. Chaque placeaux était divisée en sous 4 parcelles de 50 m × 50 m, dans lesquels tous les individus à DBH ≥ 10cm ont été recensées.

Au total 668 individus ont été inventoriés sur les sols hydromorphes, regroupés en 98 espèces, 71 genres et 38 familles, et 652 individus ont été recensés sur terre ferme, regroupés en 80 espèces, 61 genres et 29 familles.

Nos résultats sur la diversité spécifique ont montré que les valeurs de diversité sont en moyenne plus élevées sur sols hydromorphes ( $D_s = 0,90$  ;  $Sh = 3,23$  ;  $Eq = 0,82$ ), comparativement à celles observées sur terre ferme ( $D_s = 0,82$  ;  $Sh = 2,97$  ;  $Eq = 0,80$ ).

Statistiquement, les densités présentent des différences très significatives entre les parcelles à l'intérieur de chaque habitat (**SH**:  $t = 13.7817$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0008268 < 0,05\%$  ; **TF**:  $t = 23.4863$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0001691 < 0,05\%$ ). Toutefois, la significativité étant plus marquée sur sols hydromorphes que sur terre ferme nous permet de considérer que l'hydromorphie du sol a une action plus déterminante sur cette caractéristique du peuplement.

Par contre la comparaison des valeurs de densités entre ces deux biotopes n'ont pas montré pas des différences significatives ( $t = 0.2864$ ,  $df = 4.7$ ,  $p\text{-value} = 0.7865$ ).

Les résultats ont montré qu'il existe une structuration spécifique spatiale marqué par un continuum floristique qui s'y définit.



## SUMMARY

This study deals with modelling of the implication of soil hydromorphy on some characters of vegetation, especially the diversity, distribution of abundances and the spatial structure of trees populations in the forest of Uma (Ubundu, DR Congo).

The main objective is to bring out different floristic and structural models which facilitate understanding of the functioning of tropical forests for their reasonable and sustainable management.

The moth used was that of squares set over two hectares in different substrates (hydromorph soils and mainland), by reason of 1 hectare per substrate. Each square was divided into 4 subplots of 50 m x 50 m in which all the individuals with DBH  $\geq$  10 cm were inventoried.

In total, 688 individuals were inventoried on hydromorph soils, distributed into 98 species, 71 genera and 38 families, and 652 individuals were inventoried on the mainland, distributed into 80 species, 61 genera and 29 families.

The results of the specific diversity showed that the values of diversity are on the average higher on hydromorph soils ( $D_s = 0.90$ ;  $Sh = 3.23$ ;  $E_q = 0.82$ ) that those observed on mainland ( $D_s = 0.82$ ;  $Sh = 2.97$ ;  $E_q = 0.80$ ).

Statistically speaking, densities show very significant differences among the plots within each habitat (**Sh**:  $t = 13.7817$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0008268 < 0.05\%$ ; **TF**:  $t = 23.4863$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0001691 < 0.05\%$ ). However, the significance higher on hydromorph soils than on mainland permitted us to notice that soil hydromorphy has a more determinative action on this characteristic of the population.

On the other hand, comparison of diversity values between those two biotopes did not show significant differences ( $t = 0.2864$ ,  $df = 4.7$ ,  $p\text{-value} = 0.7865$ ).

The results showed that there exist a specific spatial structure marked by a floristic continuum defined in the structure.



## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENT.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
RESUME.....	vi
SUMMARY.....	vii
TABLE DE MATIERES.....	viii
I. INTRODUCTION.....	1
1.1. Les forêts tropicales humides : Organisation géographique.....	1
1.2. Gestion durable des forêts tropicales : les enjeux.....	2
1.3. Un cas particulier du principe d'exclusion compétitive.....	4
1.4. Structuration spatiale de la diversité végétale en forêts tropicales.....	5
1.5. Modélisation biologique des systèmes écologiques.....	6
1.6. Cadre de la recherche.....	8
1.7. Problématique de la recherche.....	8
1.8. Hypothèses.....	10
1.9. Objectifs.....	11
1.10. Intérêt du travail.....	11
1.11. Travaux antérieurs.....	12
1.12. Subdivision du travail.....	13
1.13. Définition des concepts.....	13
II. MILIEU D'ETUDE, METAERIEL ET METHODES.....	14
2.1. Milieu d'étude.....	14
2.2. Matériel et méthodes.....	16
2.2.1. Matériel.....	16
2.2.2. Méthodes.....	16



2.2.2. 1. Installation des dispositifs et inventaire des arbres.....	16
2.2.2.2. Analyses quantitatives des données.....	17
2.2.2.2.1. Paramètres floristiques.....	17
A. Richesse spécifique.....	17
B. Abondance – Dominance.....	17
C. Dominance des taxons.....	18
D. Diversités.....	18
E. Similarité.....	20
3.2.2.1. Paramètres structuraux.....	20
3.2.2.1.1. Structures diamétriques.....	20
3.2.2.1.2. Surface terrière.....	21
2.2.2.3. Ordination des données : analyse en composantes principales (ACP).....	21
III. RESULTATS.....	22
3.1. SOLS HYDROMORPHES .....	22
A. PARAMETRES FLORISTIQUES.....	22
A.1.1. Richesse et caractéristique floristique du peuplement.....	22
3.2. Abondance des taxons.....	23
3.2.3. Dominance des taxons.....	24
3.3. Diversités.....	27
3.4. Similarité floristique des placettes.....	27
3.4.2. Structuration spécifique spatiale des populations.....	29
B. PARAMETRES DE STRUCTURE.....	30
3.5. Structuration spatiale des densités.....	31
3.6. Surface terrière.....	31
3.7. Structure diamétrique totale.....	32



II. TERRE FERME.....	33
A. PARAMETRES FLORISTIQUES.....	33
3.8. Richesse et caractéristique floristique du peuplement.....	33
3.9. Abondance des taxons.....	34
3.9.1. Densité relative des espèces .....	35
3.9.3. Dominance des taxons .....	36
3.10. Diversités.....	37
3.11. Similarité floristique des placettes.....	38
3.11. Structuration spécifique spatiale des populations.....	39
B. PARAMETRES DE STRUCTURE.....	40
3.12. Structuration spatiale des densités.....	40
3.13. Surface terrière.....	41
3.14. Structure diamétrique totale.....	42
IV. DISCUSSION.....	43
4.1. Regroupement floristique spatial.....	43
4. Relations spécifiques entre parcelles.....	44
4.3. Distribution spatiale des abondances.....	45
4.4. Structuration spécifique spatiale des populations.....	48
4.5. Structures diamétriques totales et surfaces terrières du peuplement.....	50
4.5.1. Structures diamétriques totales.....	50
4.5.2. Surfaces terrière.....	51
CONCLUSION.....	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	53



## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat (sol hydromorphe)

Tableau 2 : Indice de diversités des parcelles de sol hydromorphe

Tableau 3 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat (terre ferme)

Tableau 4 : Indice de diversités par parcelle



## I. INTRODUCTION.

### 1.1. Les forêts tropicales humides : Organisation géographique et caractéristiques éco-floristiques.

Géographiquement, en dépit de leur répartition inégale selon le continent, les forêts tropicales sont limitées à la petite bande de terre comprise entre les latitudes 22,5° Nord et 22,5° Sud, tout particulièrement entre le Tropique du Capricorne et celui du Cancer ([www.mongobay.com/rainforest](http://www.mongobay.com/rainforest)).

On les rencontre en Amérique du Sud et Centrale (45%), en Afrique (30%), en Asie, principalement dans sa partie Sud-Est et en Océanie respectivement dans des proportions de 16 et 9% (Jabot, 2009 ; Toke, 2013).

Elles sont caractérisées par des précipitations supérieures à 1800 mm/an, une photopériode constante et des températures peu variables tout au long de l'année, fluctuant entre 18°C et 28°C (Gonzalez, 2009).

L'humidité relative atteint facilement 90%, favorisant la croissance d'abondante quantité des mousses et d'épiphytes vasculaires sur les troncs des arbres (Richards, 1952, Lebrun et Gilbert, 1954 ; Longman et Jénik, 1972).

Du point de vue de la diversité, ces forêts possèdent une grande diversité des formes biologiques et d'habitats, faisant d'elles des systèmes écologiques le plus diversifiés de la planète (White et Edward, 2001), et pouvant concentrer à elles celles près de 90% de l'ensemble des espèces terrestres dont la majorité des Angiospermes (Burley, 2002 cité par Morneau, 2007).

A titre indicatif, Wright (2002) cité par Morneau, op.cit) fait savoir qu'un seul hectare de forêt tropicale peut contenir plus de 250 espèces d'arbres, et des parcelles de 25 ou 50 hectares en Equateur ou à Bornéo rassemblent plus de 1100 espèces différentes, soit autant que pour la zone tempérée comprenant l'Europe, l'Amérique du Nord et le reste de l'Asie.

Par ailleurs, la stratification qui se définit à l'intérieur de ces entités biologiques, bien qu'elle ne soit pas nettement différenciée, joue un rôle régulateur majeur (Régulation de l'intensité lumineuse, du rayonnement incident et diffus, de l'humidité relative), coordonnant ainsi les différentes phénophases des espèces qui s'y développent (germination, croissance et



mortalité), et leurs diverses interactions (Aubreville, 1957 ; Fournier et Sasson, 1983 ; Traissac, 2003 ; Lisingo, 2009).

Floristiquement, la richesse marquée que comporte ces forêts a toujours été perçue par de nombreux auteurs, comme étant une conséquence logique de la diversité des taxons qu'on y rencontre tant à l'échelle locale que régionale, elle même structurée par la diversité des biotopes (Blanc, 1988, Madelaine, 2009).

De ce qui précède, il convient de souligner que la multiplicité d'espèces rares dont les populations ne dépassent pas l'effectif de 10 individus (Traissac, 2003 cité par Toke, 2013), constitue également une autre caractéristique des forêts tropicales qui amplifie leur diversification.

Aux échelles locales, les différenciations physiographiques qui s'individualisent à l'intérieur de ces forêts induisent une certaine structuration édaphique qui s'exprime aisément par des particularités floristiques dues à l'inféodation des certaines espèces dans certains habitats particuliers comme les sols hydromorphes, les pentes et les interfluves (Fournier et Sasson, 1983).

### **1.2. Gestion durable des forêts tropicales : les enjeux.**

Actuellement, les forêts tropicales sont au cœur des activités de surveillance environnementale au regard des fonctions multiples qu'elles accomplissent dans la vie de l'homme (Morneau, op.cit). Dans ce sens, elles tendent à devenir un critère d'orientation des décisions dans des organisations politiques, économiques et sociales (Beina, 2011).

De par les caractères multifonctionnels qui leur sont reconnus, poursuit l'auteur (régulation du climat mondial tout en maintenant des précipitations régulières, emmagasinage des quantités importantes de carbone et production de l'oxygène terrestre, fourniture des bois d'œuvre, des produits médicinaux, des noix, des viandes et autres produits forestiers non ligneux), ces forêts bénéficient d'une attention presque soutenue de la part de la communauté internationale qui considère que leur destruction entraînerait des conséquences imprévisibles sur la terre et mettrait en péril la survie même de l'homme (White et Edwards, 2001).

Le concept de durabilité des services forestiers développé lors du sommet de Rio-de-Janeiro en 1992, prenant en compte des questions relatives à la pérennisation de leur diversité biogénétique et des services écosystémiques qu'elles fournissent aux populations locales ainsi qu'aux Etats qui en possèdent, constitue une ligne directrice fondamentale pour une gestion raisonnée de ces forêts (Gonzalez, 2009).



Bien que la volonté d'agir se fit sentir lors du Sommet du Développement Durable tenu à Johannesburg en 2002 pour aboutir de manière générale à une réduction de la perte de la diversité pour 2010 (Guéneau et Jacobée, 2005), des difficultés pratiques dans la mise en application des décisions qui ont émaillé la fin de ces assises se font sentir quant en ce qui concerne la prise en compte d'une part, des intérêts des acteurs impliqués dans l'exploitation des ressources forestières et d'autre part, de ceux soucieux et préoccupés par la question de la pérennisation des ressources biologiques (Gonzalez, 2009).

De ce qui précède, la complexité des enjeux qui s'y définissent eu égard aux besoins multiples sur les forêts tropicales, démontre la nécessité de la prise en compte de l'ensemble des éléments d'intérêts qui puissent, dans le cadre des changements globaux, fournir des réponses pratiques de gestion durable de ces systèmes écologiques et qui sécuriseront en outre, les acteurs impliqués dans leur conservation (Garmi et Doumenge, 2001).

Des questions cruciales se posent dont l'une tenant compte de la relation biodiversité – environnement et l'autre se rapportant à cette diversité et sa pérennisation: Premièrement, peut-on faire usage de la diversité biologique des forêts tropicales sans la détruire et détériorer l'environnement ? Deuxièmement, peut-on concilier l'exploitation de cette diversité biologique et contribuer à sa préservation ?

En effet, pour renforcer leur budget économique, plusieurs pays possédant le couvert forestier font recours en plus des ressources minières, aux ressources forestières par l'exploitation en général des bois d'œuvre et d'autres produits forestiers non ligneux (Réjou-Méchain, 2009 ; Yalanga, 2012).

Bien que ces exploitations engendrent un financement additionnel important, elles sont également source de la détérioration de l'environnement contribuant parfois de manière significative à la réduction de la biodiversité et par là même, conduisant à l'érosion génétique (Beina, 2011).

Outre cette détérioration, la fragmentation des habitats forestiers qui s'en suit conduit à la déstructuration éco-paysagère qui affecte la survie des populations (Gonzalez, 2009).

Morneau (2007) fait savoir que la fragmentation de ces systèmes écologiques conduit inévitablement à la déstructuration spatiale des populations biologiques. Dans ces conditions, des fortes contraintes sont imposées aux populations qui s'y développent par la nécessité qu'elles ont d'atteindre les différentes parties. Il en résulte que certaines populations



biologiques se retrouvent en sous-conditions de vie et d'interaction. Et pour se maintenir, elles développent d'autres stratégies de stabilisation à l'intérieur du cycle forestier qui les fragilisent dans la plupart des cas.

De ce qui précède, il convient donc de souligner que si le développement des approches méthodologiques susceptibles de prendre en compte les intérêts divers des acteurs bénéficiant des services fournis par les forêts tropicales est d'une importance capitale, il est tout aussi fondamental de comprendre les forces qui structurent les communautés végétales pour orienter efficacement les actions de préservation de la biodiversité de ces forêts.

### **1.3. Un cas particulier du principe d'exclusion compétitive : Les forêts tropicales humides**

Il est fondamentalement admis que les forêts tropicales contiennent une diversité des formes d'organismes vivants ayant des attributs écologiques et des contenus génétiques divers. Ce qui fait de ces entités biologiques, des véritables muséums de la diversité (Traissac, 2003 ; Madeleine, 2009).

Par ailleurs, la multiplicité d'espèces qu'elles renferment reste une source de réflexion pour l'ensemble de la communauté d'écologues qui considèrent que la compréhension du fonctionnement de ces systèmes biologiques passe inévitablement par la mise en évidence des mécanismes à l'origine de la diversification des populations et de leurs assemblages (Jabot, 2009). Et, l'écologie des communautés tente de répondre à la multiplicité des questions soulevées par les écologues qui touchent la structuration spatiale des communautés végétales plus particulièrement les arbres en forêts tropicales humides.

Comment expliquer qu'environ 300 espèces d'arbres coexistent dans la canopée sur une surface d'un hectare ? Comment expliquer que l'interaction entre certaines paires d'espèces aboutit à l'exclusion alors qu'entre d'autres, la coexistence reste possible (Christian, 2001 cité par Gonzalez, 2009).

S'en tenant au principe d'exclusion compétitive (PEC) formalisé par Gause (1934) qui stipule que si plusieurs espèces sont en compétition ou en concurrence pour les mêmes ressources, toutes sauf, une seront éliminées (Morneau, 2007), les forêts tropicales constituent une exception de par la coexistence d'un nombre important des communautés, particulièrement d'arbres qu'on y rencontre. Ce qui met en difficulté l'application de ce principe.



Toutefois, si de nombreux mécanismes ont été proposés jusqu'à présent pour justifier la coexistence des espèces en forêts tropicales humides, leur étude sur terrain est parfois complexe du fait de la complexité même des interactions entre les facteurs environnementaux et leur implication dans les expressions biologiques des populations (Pélissier, 1995 ; Condit et *al.*, 1999).

De plus, même si des nombreux travaux ont mis en évidence l'implication des effets stochastiques et déterministes pour justifier les assemblages des communautés en forêts tropicales (Flore, 2005), de nombreuses questions y relatives restent posées, quant en ce qui concerne par exemple l'hiérarchisation des déterminants environnementaux ou écologiques qui favorisent la coexistence et qui influencent le plus les expressions biologiques.

En dernière analyse, si la stochasticité démontre que l'effet du hasard constitue le mécanisme de base de l'assemblage des populations d'arbres en forêts tropicales, il reste évident que l'influence déterministe dictée par les paramètres environnementaux au travers le mécanisme de filtrage a une part importante dans la définition de ces assemblages (Gourlet Sylvie, 2013).

### **1.4. Structuration spatiale de la diversité végétale en forêts tropicales : Implication des conditions stationnelles.**

En milieu forestier tropical, de nombreuses études ont eu à relever l'existence des fortes relations entre les facteurs environnementaux et certaines caractéristiques de la végétation en l'occurrence : la composition floristique, la distribution des abondances spécifiques, la dispersion des individus de populations, les structures diamétriques et l'organisation spatiale de la diversité à l'intérieur du cycle forestier (Richards, 1952 ; Fournier et Sasson, 1983, Freycon et *al.*, 2003 ; Pitman et *al.*, 2005).

Parmi les facteurs environnementaux en cause, les conditions stationnelles, notamment les caractéristiques physico-chimiques du sol et la topographie du terrain sont généralement considérées comme des facteurs fondamentaux de l'organisation spatiale de la végétation (Richards, 1952 ; Traissac, 2003, Morneau, 2007).

De plus, Sollins (1998) cité par Morneau (2007) fait savoir qu'en Amazonie, particulièrement en forêts Guyanaises, les facteurs édaphiques présentant des corrélations significatives avec des distributions d'espèces sont le plus souvent les facteurs physiques, tels que le drainage efficient du sol ou son hydromorphie.



Dans la plupart des cas poursuit l'auteur, les sols hydromorphes constituent des unités pédologiques les plus discriminants de la végétation à l'échelle locale. La géomorphologie locale étant le plus souvent à l'origine des différenciations pédologiques observées à l'intérieur d'un cycle forestier (Sabatier et Prévost, 1990), entraînent des variations d'alimentation en eau du sol qui se traduisent généralement par des variations d'engorgement, disséquant le paysage forestier en plusieurs éco-unités écologiques due au caractère dynamique du milieu hydromorphe (Morneau, 2007).

De plus, la fréquence des chablis enregistrée sur les sols hydromorphes due à l'intensité des chutes d'arbres à l'intérieur des peuplements forestiers permet l'établissement d'un grand nombre d'héliophiles, conduisant à la diversification des populations et à celle de l'ensemble du peuplement en cause (Freycon, 2003 ; Nshimba, 2008).

Considérant que la dynamique de l'eau dans le sol forestier est un facteur majeur de l'organisation de la diversité en forêts tropicales (Condit et al, 1995 ; Flore, 2005 ; Ghazoul et Sheil, 2010), la caractérisation de son action sur les paramètres floristiques constitue en soi une base scientifique solide pour une mise en application de plan de gestion durable et son orientation.

Etant donné que la modélisation des expressions biologiques intéresse aussi bien les écologues que les gestionnaires des forêts, il apparaît convenable que celle – ci s'effectue dans les entités forestières mises en réserve pour pouvoir soutenir leur plan de gestion dans le cadre général de la conservation des forêts tropicales.

### **1.5. Modélisation biologique des systèmes écologiques : une démarche fondamentale pour une gestion raisonnée et durable des forêts tropicales.**

La complexité floristique observée en forêt tropicale a entraîné une complexité fonctionnelle qui rend difficile la compréhension de ces entités biologiques (Fournier et Sasson, 1983 ; Trichon, 1997). Ce qui en outre, ne facilite pas le travail de leur gestion.

Si la conservation des forêts tropicales nécessite le développement des méthodes de gestion durable, il convient de souligner qu'au regard de leur complexité morfo-structurale et fonctionnelle, celle-ci ne peut être rendue possible que par la simplification préalable de cette complexité par la modélisation de l'organisation spatiale de leur diversité, des différentes expressions biologiques y relative et de l'implication environnementale sur ces différentes expressions (Pélissier, 1995).



Pour répondre donc aux impératifs de gestion, le travail de modélisation des structures et de la diversité biologique des forêts tropicales s'avère donc indispensable d'autant plus que la véritable maîtrise de l'espace forestier passe impérativement par la modélisation des expressions écologiques des populations (Clark, 2004 cité par Morneau, 2007).

Il est donc souhaitable pour une politique raisonnée de la conservation des forêts tropicales humides, de caractériser les processus fondamentaux de la dynamique forestière à l'intérieur d'un cycle forestier (Pélissier, 1995 ; Madeleine, 2009), de modéliser les expressions biologiques y relatives eu égard à l'implication des paramètres environnementaux, pour pouvoir orienter efficacement en pratique les actions de gestion durable de ces forêts.

Pour sa part, Blanc (1998) considère qu'en forêt tropicale, apporter les éléments de caractérisation des différentes formations forestières limités à des descriptions floristiques est d'une importance non négligeable. Toutefois, poursuit l'auteur, procéder à une modélisation de l'organisation spatiale des différents paramètres floristiques et structurales impliquant les paramètres environnementaux, constitue un élément fondamental qui permet d'apporter des atouts efficaces pour une gestion durable de la diversité biologique de ces forêts.

En dernière analyse, la conception des modèles qui s'intègrent dans le cadre général de la compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers, la démarche demeure celle de décrire les différents mécanismes impliqués dans la sylvigénèse et leur répartition spatio-temporelle ainsi que le rôle et la place des différentes populations dans l'évolution de l'écosystème (Pélissier, 1995). Dans ces conditions, il est fondamental au regard de l'effet décisif des paramètres physiques, particulièrement ceux liés à la dynamique de l'eau dans le sol sur la structuration spatiale de la végétation (Trichon, 1997 ; Traissac, 2003 ; Ghazoul et Sheil, 2010), de définir les différents modèles d'expression biologique pour rendre efficace le travail de gestion.

Il est vrai qu'en même temps que s'affinent les connaissances dans ce domaine et se développent des débats autour de la question relative à l'hierarchisation des déterminants majeurs des expressions biologiques, des avancées significatives ont été notées quant en ce qui concerne la corrélation entre la structuration spatiale de la densité des populations et la dynamique de l'eau dans le sol forestiers (Cordonnier, 2004).

Les travaux de modélisation qui contribueront à la mise au point des recommandations pratiques pouvant concilier les aspects de conservation et d'exploitation des ressources forestières s'avèrent indispensables pour la gestion durable de la diversité biologique des forêts tropicales.



### 1.6. Cadre de la recherche

Si la durabilité des services forestiers constitue un idéal de gestion des forêts tropicales, il reste vrai que les difficultés liées aux approches méthodologiques et des lacunes importantes dans la connaissance du fonctionnement de ces forêts constituent une entrave à la mise en application des plans stratégiques de gestion durable (Flore, 2005 ; Morneau, 2007 ; Jabot, 2009).

La complexité des interactions d'une part entre les populations biologiques et leur environnement, et d'autre part entre les populations elles-mêmes, met les gestionnaires en difficulté de pouvoir orienter efficacement les actions de gestion dans le cadre général de la conservation de ces systèmes écologiques. Dans ce sens, il s'avère indispensable que des modèles structuraux impliquant les facteurs du milieu, plus particulièrement ceux liés à l'édaphologie des systèmes forestiers soient identifiés pour faciliter le travail de gestion.

Ce travail de mémoire s'inscrit dans le cadre de l'écologie des communautés qui traite des questions relatives à la structuration spatiale des populations végétales et des mécanismes environnementaux qui y sont associés (Flore, 2005). Concrètement, il est question dans le corps de ce travail de caractériser l'effet du substrat colonisable, plus particulièrement les sols hydromorphes sur quelques caractéristiques de la végétation en l'occurrence : la composition floristique, la distribution des abondances spécifiques, la diversité, la distribution des grosseurs et la structuration spatiale des populations d'arbre dans un peuplement non soumis à l'influence majeure des perturbations.

Etant donné qu'en forêts tropicales, en plus de la complexité des interactions biotiques s'ajoutent la complexité floristique liée à la multiplicité ou à la diversité des populations d'arbres dont la mise en évidence des expressions est facilement perceptible en forêts monodominantes qu'en formations mixtes (Sonké, 2007 ; Nshimba, 2008), une attention particulière est portée sur le peuplement monodominant à *Gilbertiodendron dewevreide* la réserve de Uma.

### 1.7. Problématique de la recherche

De manière générale, il est admis qu'une évaluation du degré d'abondance spécifique des populations biologiques et leur structuration spatiale dans tout système écologique constitue une démarche fondamentale qui conduit non seulement à une meilleure caractérisation des niches d'espèces mais également à une orientation des actions efficaces de gestion durable de leur diversité biologique (Trichon, 1997).



De plus, la question des assemblages des communautés végétales en forêts tropicales constitue actuellement un point de réflexion des scientifiques de par la multiplicité d'espèces qu'elles renferment pour tenter de comprendre le fonctionnement de ces systèmes biologiques (Gonzalez, 2009).

Si un bon nombre de facteurs ont été mis en ligne de compte pour justifier ces assemblages, chacun apportant en pratique les éléments de réponse, la difficulté liée à l'hierarchisation de leur influence sur les populations ne facilite pas la compréhension du fonctionnement de ces forêts compte tenu de la complexité des interactions et de l'indépendance marquée des expressions biologiques des certaines populations face à certains de ces facteurs (Pélissier, 1995, Flore, 2005, Jabot, 2009).

Par ailleurs, la structuration spécifique spatiale observée dans ces forêts a été longtemps considérée comme une réponse de l'impact de l'hétérogénéité environnemental généralement lié à l'action combinée de la physiographie à l'intérieur des systèmes forestiers et à l'implication du substrat colonisable (Richards, 1952 ; Fournier et Sasson, 1983 ; Trichon, 1997).

Toutefois, Il est classiquement admis que les conditions physiques du sol, principalement leur capacité hydrique, ont une incidence décisive sur l'organisation spatiale de la végétation en l'occurrence : la distribution des abondances spécifiques, la structuration des populations d'arbres et même sur la diversité (Trichon, 1997 ; Traissac, 2003). Ce qui montre que la sensibilité des espèces face à ce facteur constitue un élément majeur de regroupement spécifique à l'intérieur du cycle forestier (Morneau, 2007).

De ce qui précède, il convient de souligner que les études menées dans les formations monodominantes, de par le monde ont montré que la canopée de la forêt agit de manière significative sur les étages inférieurs en réduisant la luminosité. Ce qui conduit à l'élimination d'une grande partie des populations principalement les héliophiles et à une réduction de la complexité floristique dont on a longtemps pensé qu'elle était corrélative à la réduction de leur diversité floristique. Ce qui n'est pas forcément le cas (Gérard, 1960 ; Hart, 1990 ; Martijena et Bullock, 1991 ; Sonké, 2007).

La configuration géomorphologique à l'intérieur de ces forêts sur toute l'étendue de leur aire de distribution géographique, particulièrement celles à dominance de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* fait apparaître des vastes étendues des sols engorgés sur lesquelles s'étalent également ces peuplements floristiquement moins complexe.



Une double contrainte se manifeste donc à l'intérieur de ces formations forestières produisant un même résultat physiognomique sur sols hydromorphes comme sur terre ferme: la réduction de la complexité floristique.

En outre, Pierlot (1966) fait savoir que le peuplement précité ne revêt pas la même signification floristique sur toute l'étendue de sa répartition géographique.

Pourtant, les études menées dans le peuplement fortement perturbé de cette espèce (Toke, 2013) révèlent que l'hydromorphie du sol, affectent spatialement de manière différente les caractéristiques de la végétation à l'instar des densités floristique et spécifique, les diversités et les structures spatiales, et modèlent les relations floristiques entre différentes éco-unités eu égard à la connectivité due à l'installation d'un grand réseau hydrologique qui se développe en périodes pluvieuses (Kouob, 2009).

Si les résultats obtenus à l'échelle de l'aire de distribution de l'espèce font état des variations floristiques et structurales entre ces substrats, et qu'à l'échelle locale du peuplement soumis à l'influence des perturbations, l'hydromorphie du sol affecte leurs caractéristiques floristiques:

1. Peut-on considérer que malgré la double contrainte environnementale, le fond floristique reste commun dans ce peuplement ?
2. Existe-il des relations spécifiques entre différentes parcelles échantillonnées sur sols hydromorphes comparativement à ceux établies sur terre ferme ?
3. Le modèle spatiale de distribution des abondances et de structuration des populations est-il différent entre ces différents éco-unités ?
4. Les distributions des grosseurs et des surfaces terrières à l'intérieur de cette forêt sont-ils dépendants des substrats colonisables ?

### 1.8. Hypothèses

1. Spatialement, le fond floristique diffère d'un substrat à l'autre à l'intérieur de ce peuplement.
2. Il existe des relations floristiques et spécifiques entre les parcelles des sols hydromorphes et ceux de terre ferme à l'intérieur de ce peuplement.
3. Les distributions des abondances sont statistiquement différentes entre les parcelles d'un substrat mais non significatives entre les deux habitats, et il existe une structuration spécifique spatiale dépendant du substrat colonisable.



4. Les modèles des distributions de grosseurs et des surfaces terrières sont significativement différents d'un substrat à l'autre.

### 1.9. Objectifs

#### 1.9.1. Objectif général

Considérant que les gestionnaires des forêts tropicales ont plus besoin des résultats concrets des effets du milieu sur la distribution des abondances spécifiques et la dynamique du peuplement pour une gestion raisonnée et durable, l'objectif général de ce travail est de ressortir les différents modèles floristiques et structuraux

#### 1.9.2. Objectifs spécifiques

1. Apprécier l'implication de l'hydromorphie du sol sur la structuration floristique à l'intérieur de ce peuplement.
2. Ressortir les relations floristiques et spécifiques éventuelles entre les parcelles des sols hydromorphes et les comparer à celles de terre ferme.
3. Caractériser l'implication des substrats colonisables sur la distribution des abondances et sur la structuration spatiale des populations dans ce peuplement.
4. Apprécier l'implication des substrats colonisables sur la distribution des grosseurs et la surface terrière dans ce peuplement.

#### 1.10. Intérêt du travail.

En forêt tropicale, si la question de l'assemblage des communautés végétales et du lien entre la diversité et le fonctionnement des écosystèmes forestiers intéresse les chercheurs ou écologues, il n'est pas moins évident que celle-ci soit également au centre des préoccupations des gestionnaires de ces forêts (Freycon et *al.*, 2003). Pour les uns, cette question se rapporte à l'identification et à la modélisation des expressions biologiques des populations considérées comme un point de passage obligé qui rend aisée la compréhension du fonctionnement des forêts (Pélissier, 1995 ; Counteron, 2006), et pour les autres, une base fondamentale de la mise en pratique des stratégies de gestion durable de ces systèmes écologiques.

Dans ce sens, nous considérons qu'un double intérêt se dégage dans ce travail.



**Premièrement**, sur le plan scientifique, il facilite la compréhension de l'influence déterminante des facteurs environnementaux, plus particulièrement celle de l'hydromorphie du sol sur la structuration spatiale des populations dans les forêts de cette réserve.

**Deuxièmement**, il constitue en pratique pour les gestionnaires de cette réserve un cadre de réflexion et d'orientation des stratégies de préservation de la diversité biologique qui fait généralement défaut dans la majorité des programmes de gestion durable des forêts tropicales.

### 1.11. Travaux antérieurs

De par le monde, il existe une abondante littérature consacrée aux peuplements forestiers établis sur sols hydromorphes, bien qu'abordant des diverses manières la problématique de l'étude.

Dans la vallée inondable du Haut-Nyong et ses affluents au Cameroun, Amougou (1986) se pencha sur la question relative aux caractéristiques botaniques et écologiques des peuplements forestiers.

En Guyane Française, Sabatier et Prévost (1990) focalisèrent leur attention sur la composition et la diversité floristique des peuplements établis sur sols hydromorphes. Ce travail fut suivi d'un nombre important d'autres travaux dans ce milieu, les uns abordant la question relative de la dynamique de l'eau dans le sol et son implication sur la dynamique spatio-temporelle des espèces, l'occurrence l'espèce *Vouacapoua americana* (Traissac, 2003), les autres considérant les aspects liés à la structure forestière et sa dynamique en général (Freycon et al., 2003 ; Morneau, 2007).

En république Démocratique du Congo, Evrard (1968) focalisa son attention sur l'écologie du peuplement forestier des sols hydromorphes de la cuvette Congolaise. Ce travail fut suivi de ceux de Mandango et Ndjele (1986) et d'Apema (1995), qui en firent une synthèse phytosociologique des végétations aquatique et semi-aquatique dans la région de Kisangani et ses environs.

Depuis peu des temps, bon nombre de travaux de comparaison de la structure et la diversité des peuplements arborescents des sols hydromorphes et terre ferme ont été effectués, à l'instar de ceux de Nshimba (2005 ; 2008) dans les forêts inondées de l'Île Mbiye, de celui de Lisiko (2011) dans les peuplements forestiers de la réserve de Yoko ; de Toke (2013) dans la forêt de Masako et récemment ceux de Katembo (2014) et Milenge (2014), respectivement dans les forêts de Uma et celles de l'Île Kongolo.



### 1.12. Subdivision du travail

Le présent travail est subdivisé en 6 parties.

Dans sa partie introductive, nous nous sommes attelés sur les considérations générales des forêts tropicales humides (organisation géographique et caractéristiques éco-floristiques), les enjeux liés à la gestion durable de ces systèmes écologiques, l'analyse succincte du principe d'exclusion compétitive (HEC), la question de l'implication des conditions stationnelles sur la structuration spatiale de la diversité en forêts tropicales et la question de la modélisation biologique des systèmes écologiques dans l'optique de la gestion durable des forêts tropicales.

Nous avons adjoint à ces différents points, le cadre de la recherche, la problématique de l'étude suivie d'une série des questions et des hypothèses y relatives, les objectifs et l'intérêt de cette recherche.

Dans la deuxième partie, nous avons focalisé notre attention sur la situation géographique et administrative de ce milieu d'étude, ses caractéristiques éco-climatiques, sa végétation et l'influence anthropique sur elle, et sa position phytogéographique. Nous avons détaillé dans la troisième partie les différents matériels ainsi que les différentes méthodes d'analyses utilisées.

Un résumé de l'ensemble de nos résultats est fourni dans la quatrième partie de ce travail.

L'analyse de nos hypothèses est consignée dans la discussion de ce travail qui constitue sa cinquième partie.

Enfin, à la lumière de la problématique posée et des hypothèses formulées, nous avons émis nos conclusions en y adjoignant quelques recommandations pratiques.

### 1.13. Définition des concepts

**A. Structuration spatiale** : est une organisation spatiale des populations biologiques dictée par le gradient des facteurs environnementaux, et impliquant les potentialités de dispersion individuelles des espèces dans la communauté (Gaudin, 1997).

**B. Modélisation** : Elle consiste en une analyse des phénomènes réels, qui prévoit des résultats à partir de l'application d'une ou plusieurs théories, à un niveau d'appréciation donné. Elle a pour objectif en biologie des populations, d'identifier les paramètres d'intérêt du fonctionnement d'un système biologique en l'occurrence les forêts tropicales, et de faire de la prospective concernant l'évolution du système (Pélissier, 1995).



## II. MILIEU D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu d'étude

#### 2.1.1. Caractéristiques géographiques

La réserve de Uma est une entité forestière située à 92 km de la ville de Kisangani en direction Nord – Est, sur l'axe Kisangani – Bunia dans la province orientale. Géographiquement, elle se situe entre 0°34'N et 25°52'E. Cette zone forestière est située administrativement dans la collectivité Bakumu–Kilinga, en territoire d'Ubandu, dans le District de la Tshopo. Elle est limitée dans sa partie Nord par la réserve de Faune à Okapi et au Sud par le de Maïko (Fig. 1).

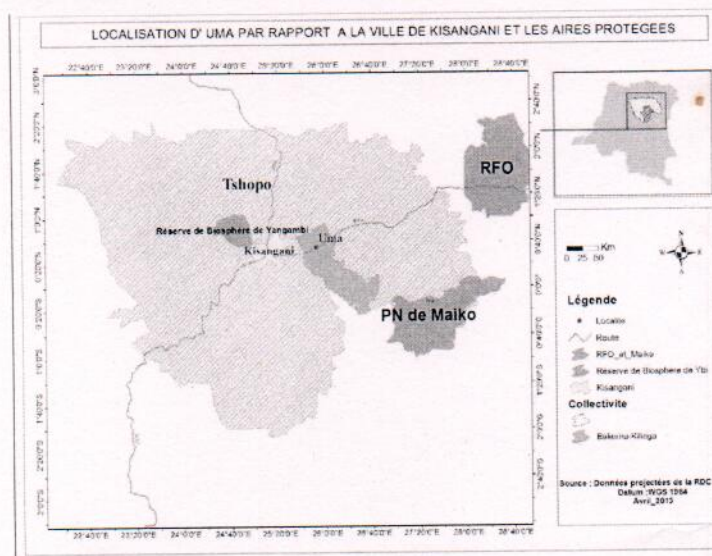


Fig.1. Carte de localisation de la forêt de Uma (source : adaptée du WCS, 1989).

#### 2.1.2. Climat

Selon la classification de Köppen (1936), le type climatique caractéristique de cette zone forestière est le type « Af », caractérisé par des précipitations régulièrement réparties sur toute l'année avec un pic observable en Octobre - Novembre et dont les moyennes atteignent facilement 1750 mm par an (Vanden put, 1981). Les températures moyennes oscillent autour de 25°C. Toutefois des fortes températures sont observables au mois des Janvier – Février (Piérlot, 1966 ; Hart 1996).

L'humidité atmosphérique est élevée, liée à la présence des chaînes des Inselbergs. Ce qui se remarque facilement par une abondance et une forte diversité des épiphytes vasculaires sur les troncs des arbres et aussi des ptéridophytes.



### 2.1.3. Végétation

La végétation de cette zone d'étude est un complexe des formations végétales à structure et à composition floristique variés (Piérlot, 1966). Ce qui, du point de vue physiologique, fait de son ensemble une véritable mosaïque des formations forestières. On y rencontre successivement des jachères qui surplombent les environs de l'axe routier et des villages, les formations secondaires vieilles caractérisées par la dominance de l'espèce *Pericopsis elata* formant en certains endroits des peuplements moins étendus (Lingfo, 2012), les forêts primaires mixte et monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* et des forêts aux piedmonts des Inselbergs dont la présence constitue une particularité géologique de cette zone forestière.

Il convient de noter que ces formations géologiques possèdent une végétation tout à fait particulière dont la composition floristique est jusqu'à ces jours méconnue.

### 2.1.4. Considérations phytogéographiques

Du point de vue phytogéographique, Ndjele (1988) a proposé une classification fondée sur l'élément endémique pour l'ensemble des formations végétales de la R.D.Congo (ex Zaïre), et classe la zone dans laquelle se situe les forêts de cette réserve dans le District Centro-Oriental de la Maïko, appartenant au Secteur forestier central du Domaine congolais (White, 1979), dans la grande région Guinéo-congolaise définie également par White (1979).

### 2.1.5. Influences Anthropiques sur la végétation

Dans la réserve d'Uma, les activités anthropiques sont plus marquées dans les environs des villages où les populations établissent leurs champs. Celles-ci par contre se révèlent moins intenses à mesure qu'on avance vers l'intérieur de la forêt. La déstructuration paysagère est moins intense, sauf aux environs des axes routiers qui sont les lieux d'habitation des populations locales, et la végétation apparaît sur la carte moins entamée dans son ensemble.

Selon les informations en notre possession fournies par la population, la présence des Inselbergs qui sont considérés comme des lieux sacrés, empêche les populations à défricher les forêts, ou à y prélever les essences forestières sans autorisation préalable des Chefs. Ce qui permet leur conservation.



## 2.2. Matériel et méthodes

### 2.2.1. Matériel

Le matériel de notre travail était composé de:

- Une machette pour l'ouverture des layons.
- Un pentadécamètre pour la délimitation des placeaux (ou parcelles), des placettes et sous-placettes, y compris la prise des distances entre les individus d'arbres pour les coordonnées X, Y.
- Un sécateur pour la récolte des échantillons des plantes ;
- Des papiers journaux et une presse pour la constitution de l'herbier ;
- Un mètre ruban pour relever les circonférences à 1,30 m du sol ;
- Des fiches pour les prélèvements des données et un crayon pour la prise des données ;

### 2.2.2. Méthodes

#### 2.2.2. 1. Installation des dispositifs et inventaire des arbres

La méthode utilisée était celle des placeaux, subdivisée en placettes puis en sous-placettes.

Deux placeaux étaient délimités dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* de cette réserve, en raison d'1ha par substrat colonisable (1ha sur sol hydromorphes et 1ha sur terre ferme).

Pour mettre en évidence l'effet parcelle sur les caractéristiques de la forêt à l'étude, chaque placeau était à son tour subdivisé en 4 placettes ou parcelles de 50 m x 50 m. Nous avons enfin subdivisé les placettes de 50 m x 50 m en sous – placettes de 25 m x 25 m (16 sous – placettes), dans lesquelles tous les individus à D.B.H ≥ 10 cm de diamètre, à 1,30 m du sol avaient fait l'objet d'inventaire et positionnés selon les coordonnées X, Y.

Il convient de noter qu'en forêt tropicale, des problèmes de mesures des diamètres se posent régulièrement. La présence sur certains arbres des structures morphologiques comme les racines contreforts et échasses, les épines de grandes tailles et même l'enroulement des grosses lianes sur les troncs des arbres, conduisent à la prise des mensurations au-dessus de ces différentes excroissances végétales (Reitsma, 1989 ; White, 2001).



### 2.2.2.2. Analyses quantitatives des données

Les analyses quantitatives des données étaient regroupées en deux catégories. Premièrement, nous avons analysé les paramètres liés à l'aspect floristique du peuplement. Deuxièmement, nous avons porté notre attention sur ceux de structure.

#### 2.2.2.2.1. Paramètres floristiques

##### A. Richesse spécifique

Pour un peuplement forestier, sa richesse spécifique exprime le nombre total d'espèces présentes sur une surface échantillon donnée quelle que soit la taille des individus (Fournier et Sasson, 1983 ; Blanc, 1998 ; Kitenge 2011, Yalanga, 2012).

##### B. Abondance – Dominance

###### B.1. Abondance des taxons

L'abondance des taxons se rapporte au nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille sur le nombre total d'individus de ces taxons dans l'échantillon considéré. Ce paramètre permet de calculer les valeurs des densités relatives (Sonké, 2007 ; Nshimba, 2008 ; Yalanga, 2012).

###### B.2. Densité relative d'une espèce.

Blanc (1998) souligne que la densité relative d'une espèce est le pourcentage du nombre d'individus de l'espèce ( $ne$ ) sur le nombre total d'individus dans l'échantillon ( $N$ ).

$$Dr. \text{ espèce} = \frac{ne}{N} \times 100$$

###### B.3. Densité relative d'une famille.

La densité relative d'une famille est par contre le pourcentage du nombre d'individus d'une famille ( $nf$ ) sur le nombre total d'individus de l'échantillon considéré ( $N$ ).

$$Dr. \text{ famille} = \frac{nf}{N} \times 100$$



### C. Dominance des taxons.

La connaissance de la surface terrière de chaque espèce est une donnée importante pour le calcul des dominances. Elle permet de mettre en évidence les taxons qui occupent le plus de place dans l'échantillon considéré (Sonké, 2007).

#### C.1. Dominance relative d'une espèce.

La dominance relative d'une espèce (Dor) représente le pourcentage de la surface terrière de l'espèce (Ste) sur le total des surfaces terrières de toutes les espèces contenues dans l'échantillon (STtot) (Yalanga, 2012).

$$Dor\ esp\grave{e}ce = \frac{Ste}{ST} \times 100$$

#### C.2. Dominance relative d'une famille.

La dominance relative d'une famille (Dor) représente le pourcentage de la surface terrière de la famille (Stf) sur le total des surfaces terrières de toutes les familles contenues dans l'échantillon (STtot).

$$Dor\ famille = \frac{Stf}{ST} \times 100$$

### D. Diversités

#### D.1. Diversité relative des taxons.

La diversité relative des taxons (espèces ou familles) exprime le nombre d'espèce d'une famille sur le total d'espèces de l'ensemble des familles répertoriées dans une parcelle échantillon. Elle se calcule en considérant la formule ci-dessous :

$$Div.R\acute{e}l = \frac{Nombre\ d'\ esp\grave{e}c\grave{e}\ d'\ une\ famille}{Nombre\ total\ d'\ esp\grave{e}c\grave{e}\ des\ familles}$$



## D.2. Indices de diversité

La diversité spécifique se définit généralement comme la manière dont les individus se répartissent entre les espèces présentes sur une superficie donnée (Kitenge, op.cit.). Il existe une gamme variée d'indices pour exprimer la diversité spécifique en forêts tropicales et les plus couramment utilisés sont : l'indice Shannon-Weaver ; l'indice de Simpson et l'indice de régularité de Piélou (Blanc, 1988). Tous ces indices ont été calculés en utilisant le logiciel Past.

### A. Indice de Shannon-Weaver

C'est l'indice consacré à la mesure de la quantité moyenne d'informations donnée par l'indication de l'individu d'une espèce de la collection (Nshimba 2008) in Lisingo (2009). Elle se calcule en utilisant la formule :

$$H = \sum_{i=1}^S Fi \cdot \log_2 Fi$$

$$Fi = \frac{ni}{N} \text{ avec } ni \text{ compris entre } 0 \text{ et } N$$

$Fi$  est compris entre 0 et 1

$N$  : Effectif total ;  $ni$  : Effectif de l'espèce dans l'échantillon ;  $S$  : Nombre total d'espèce dans l'échantillon.

### B. Indice de Simpson

Il se base sur la fréquence des indices élevée au carré. C'est la probabilité que deux individus appartiennent à la même espèce dans une communauté de taille  $Ni$ .

$$D_s = 1 - \frac{\sum pi \cdot S^2}{Ni} / ((Ni - 1)(1 - \sum(pi \cdot S^2)))$$

### C. Equitabilité de Piélou

L'équitabilité de Piélou est calculé par la formule:  $H_{max} = \log_2 (S_{obs})$  et  $E = H / H_{max}$

$H_{max}$  représente la valeur maximale de diversité si toutes les espèces étaient représentées par le même nombre d'individus et  $E$  correspond à l'équitabilité (Blanc, 1998).

$E$  = régularité (= équitabilité) varie de 0 à 1 (Nshimba, 2008).



## **E. Similarité.**

Les indices de similarités floristiques sont importants pour comparer les compositions floristiques de deux formations forestières, de deux surfaces échantillons dans un peuplement forestier ou de deux compartiments synusiales (Léjoly, 2013).

L'indice de similarité utilisé est celui de Jaccard ou coefficient de communauté (Cj), qui mesure la proportion d'espèces communes à deux parcelles i et j par rapport au total des espèces qu'elles contiennent ensemble. Il se calcul en utilisant la formule :

$$C_j = \frac{a}{(a + b + c)} \text{ ou}$$

a : désigne le nombre d'espèces communes aux parcelles i et j.

b : nombre d'espèces présentes seulement dans la parcelle i

c : nombre d'espèces contenues uniquement dans la parcelle j

Il convient de souligner que pour mieux ressortir et visualiser les similarités entre différents substrats colonisables et différentes parcelles d'études y relatives en utilisant le Logiciel PAST, nous avons pris en compte l'indice de Morisita qui exprime de manière claire et simplifiée les relations floristiques.

### **2.2.2.2. Paramètres structuraux.**

#### **2.2.2.2.1. Structures diamétriques.**

Les structures diamétriques désignent généralement les distributions de grosseurs des toutes les espèces réunies (Structure totale) et de chaque population à l'intérieur d'une forêt (Structure spécifique) d'après Rollet (1974) cité par Fournier et Sasson (1983). Elles constituent une caractéristique fondamentale de la forêt qui donne une indication sur l'état équilibré d'un peuplement (Nshimba, 2008 ; Yalanga, 2012).

Traissac (2003) souligne qu'une distribution diamétrique est dite équilibrée, si le nombre de jeunes tiges est suffisamment élevé pour assurer le renouvellement de l'espèce et si elle présente un nombre décroissant des tiges lorsque le diamètre augmente.



#### 2.2.2.2.2. Surface terrière

La surface terrière est la somme des surfaces des sections des troncs et tiges dans le plan des mesures à 1,30 m de hauteur, ou au-dessus des contreforts et racines-échasses. Elle donne une indication sur le degré de remplissage d'une forêt. Cette valeur est souvent indiquée relativement à l'unité de m<sup>2</sup>/ha (Doumenge, 1990). Elle a été calculée

pour chaque individu en considérant la formule  $S = \sum \pi \frac{D^2}{4}$ , où D est le diamètre moyen de l'arbre (Gounot, 1996 cité par Bahati, 2011).

#### 2.2.2.2.3. Ordination des données : analyse en composantes principales (ACP)

Nous avons effectué une analyse en composante principale avec le logiciel R pour vérifier l'expression éventuelle des substrats colonisables sur les regroupements floristiques des parcelles établies dans les deux substrats. Ce qui permettrait de mieux ressortir l'influence des substrats.



### III. RESULTATS

Pour mieux visualiser nos résultats et ressortir l'implication du substrat colonisable sur les caractéristiques de la végétation de ce peuplement forestier, nous avons résolu de les présenter dans ce travail de manière séparée et de les comparer dans notre discussion.

#### 3.1. SOLS HYDROMORPHES

##### A. PARAMETRES FLORISTIQUES.

##### A.1.1. Richesse et caractéristique floristique du peuplement.

Au total, 668 individus ont été inventoriés sur ce substrat hydromorphe, regroupés en 98 espèces, 71 genres et 38 familles (Fig.2).

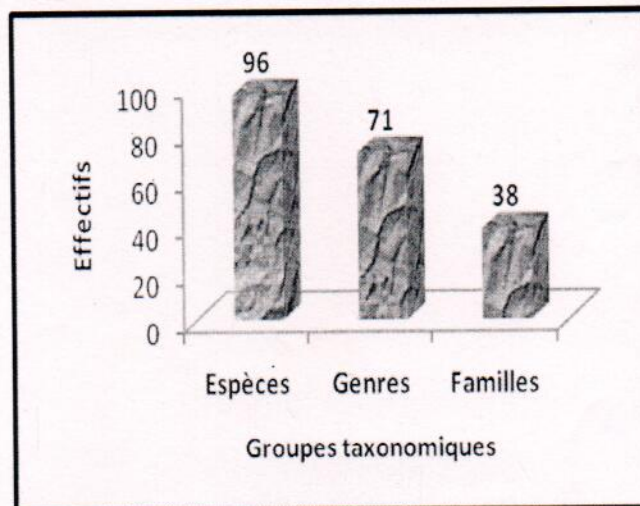


Fig.2. Effectifs des différents groupes taxonomiques recensés

Sur les 96 espèces recensées, 37 d'entre elles forment le groupe d'espèces caractéristiques du peuplement (Annexe 1), avec bien entendu, une nette abondance des individus des espèces *Lasiodiscus manni*, *Symphonia globulifera* *Dichostemma glaucescens*, *Anthothona pynaertii*, *Chlamydocola chlamydantha* et *Hallea stipulosa* (Tab.1).



## Résultats

Le tableau ci-dessous montre la variation des densités réelles des espèces caractéristiques de la florule sur sols hydromorphes.

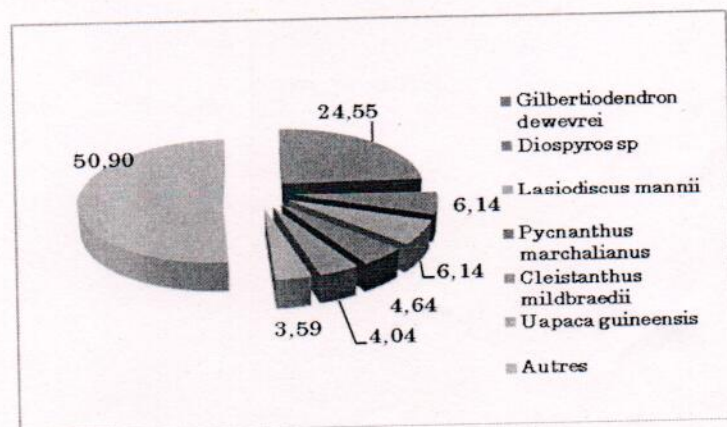
**Tab. 1 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat.**

ESPECES	NOMBRE D'INDIVIDUS	%
<i>Lasiodiscus mannii</i>	41	30,4
<i>Synphonia globulifera</i>	11	8,1
<i>Dichostemma glaucescens</i>	9	6,7
<i>Anthonotha pynaertii</i>	8	5,9
<i>Cola chlamydantha</i>	7	5,2
<i>Hallea stipulosa</i>	5	3,7

### 3.2. Abondance des taxons.

#### 3.2.1. Densité relative des espèces.

La figure 3 ci-dessous donne la répartition en termes de densité relative pour chaque population sur ce type de sol.



**Fig.3. Histogramme éclaté de densité relative des espèces.**

Sur ce substrat colonisable, l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* possède une densité relative largement supérieure (24,55%). Ce qui est normal de par son caractère monodominant, comparativement à celle d'autres espèces en l'occurrence : *Diospyros boala* et *Lasiodiscus mannii* (6,14%) ; *Pycnanthus marchalianus*(4,64%) ; *Cleistanthus mildbraedii* (4,04%) ; *Uapaca guineensis*( 3,59%).



### 3.2.2. Densité relative des familles.

La figure 4 ci-dessous donne la répartition des densités relatives de chaque famille sur ce type de sol.

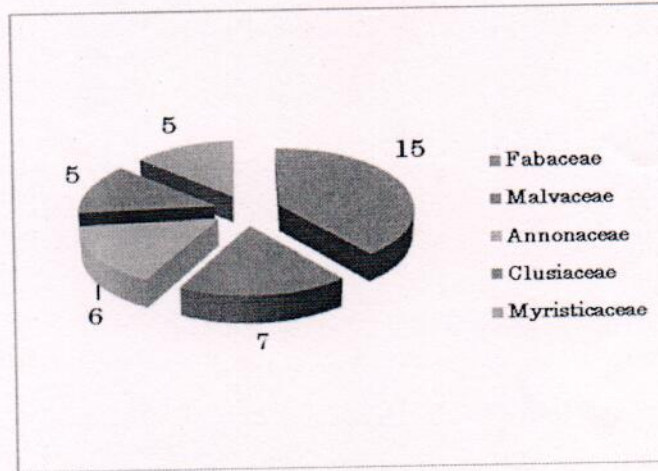


Fig. 4. Histogramme éclaté de densité relative des familles.

De toutes les familles recensées sur ces sols, le résultat visualisé dans la figure ci-dessus indique que, celle des Fabaceae présente une densité relative élevée de l'ordre de 15%, suivie de celle des Malvaceae (7%), des Annonaceae (6%) et enfin des Clusiaceae et Myristicaceae qui ont 5%.

### 3.2.3. Dominance des taxons.

#### 3.2.3.1. Dominance relative des espèces.

La figure 5 ci-dessous donne les valeurs des dominances des espèces sur ce substrat.

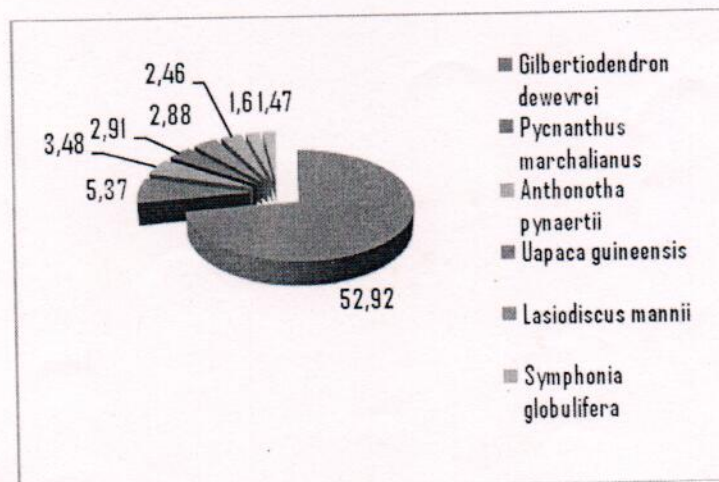


Fig. 5. Histogramme éclaté de dominance relative des espèces sur sols hydromorphes

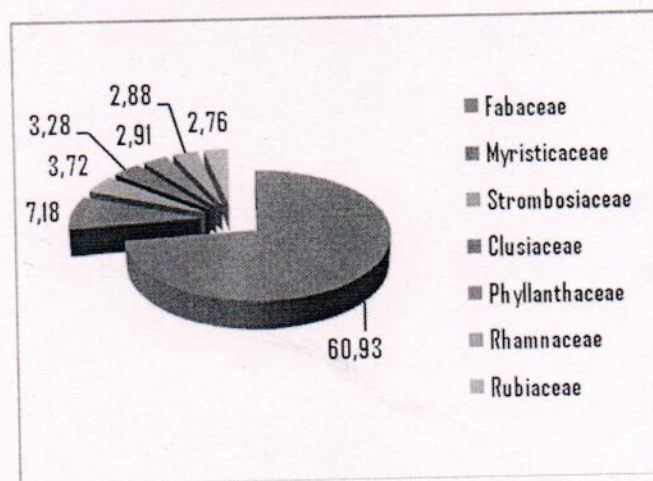


## Résultats

Le résultat visualisé dans la figure ci-dessus révèle la dominance nettement supérieure de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (62,92%). Ce qui se justifie de par son caractère grégaire et l'abondance de ces individus dans le peuplement. L'espèce *Pycnanthus marchalianus* qui est une espèce structurante occupe la seconde position avec 6,37%, suivie des espèces *Anthonotha pynaertii* (3,48%), *Uapaca guineensis* (2,91%), *Lasiodiscus mannii* (2,88%) et *Symphonia globulifera* (2,45%).

### 3.2.3.2. Dominance relative des familles.

La figure 6 ci-dessous exprime les valeurs des dominances des familles sur ce substrat hydromorphe.



**Fig.6. Histogramme éclaté de dominance relative des familles sur sol hydromorphe**

Il ressort de la figure ci-dessus que la famille des *Fabaceae* présente une dominance largement supérieure à celle d'autres familles de la florule (60,93%), suivie des *Myristicaceae* (7,18%), des *Strombosiaceae* (3,72%), des *Clusiaceae* (3,28%), des *Phyllanthaceae* (2,91%), des *Rhamnaceae* (2,88%) et des *Rubiaceae* (2,76%).



### 3.3. Diversités.

#### 3.3.1. Diversité relative des familles.

La figure 7 ci-dessous reprend les valeurs des diversités des familles sur ce substrat.

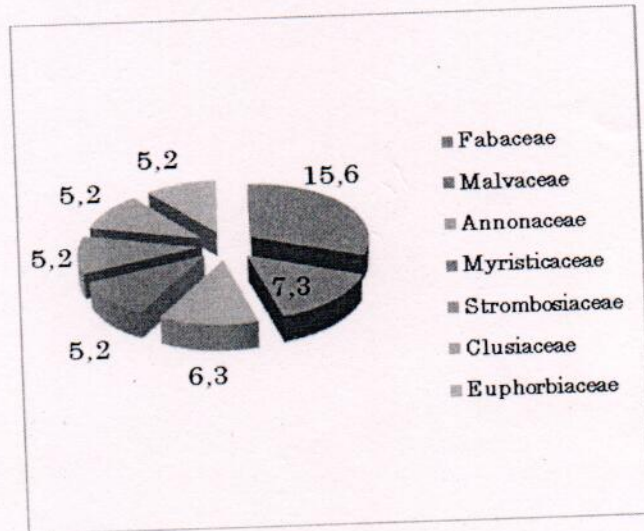


Fig.7. Histogramme éclaté de diversité relative des familles sur sols hydromorphes.

Dans ce peuplement, la famille des Fabaceae est plus diversifiée (15,5%), suivie de celle des Malvaceae (7,3%), des Annonaceae (6,3%) et respectivement des familles Myristicaceae, Strombosiaceae, Clusiaceae et Euphorbiaceae qui présente chacune une diversité de l'ordre de 5%.

Comparativement aux valeurs de densités relatives des familles visualisées dans la Figure 4, la figure ci-dessus montre que les familles *Fabaceae*, *Malvaceae* et *Annonaceae* ne sont pas seulement abondantes en termes des densités relatives mais aussi cette abondance s'accompagne de la diversité élevée au sein de chacune d'elles.



### 3.3.2. Indices de diversités des parcelles.

Tab. 2. Indices de diversités calculés par parcelle sur sols hydromorphes.

Indices /diversités	SH1	SH2	SH3	SH4
Simpson_1-D	0,94	0,91	0,91	0,87
Shannon - W	3,46	3,21	3,37	2,90
Equitabilité_J	0,86	0,81	0,84	0,78

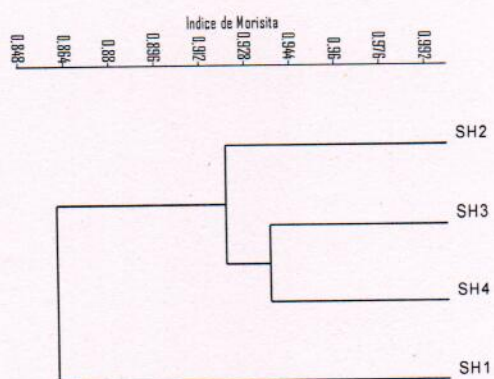
Il ressort de ce tableau que spatialement, la diversité spécifique de ce peuplement sur sols hydromorphes est élevée, bien que celles de la parcelle 4 soient inférieures à celles de trois premières parcelles. L'indice de diversité de Simpson donne les valeurs de 0,94, 0,91, 0,91, 0,87. Par contre, celui de Shannon \_ Weaver donne des valeurs de 3,46, 3,21, 3,37, 2,90. L'équitabilité de Pielou donne également des valeurs élevées de 0,86, 0,81, 0,84 et 0,78.

Dans l'ensemble, ces valeurs élevées des diversités spécifiques peuvent être considérer comme indiquant la maturité spatiale du peuplement sur ce substrat.

### 3.4. Similarité floristique des placettes.

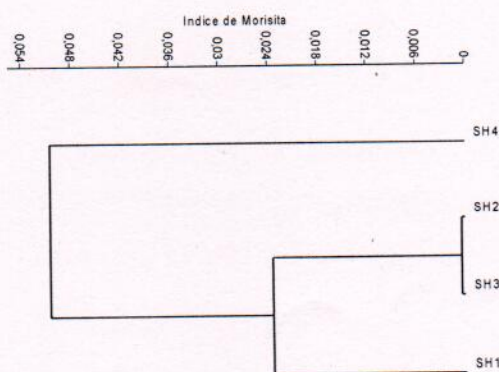
La comparaison floristique entre différentes placettes échantillonnées sur ces sols et visualisée dans le graphique ci-dessous, montre un fractionnement en deux groupes floristiquement différents. Les placettes SH2, SH3 et SH4 (SH = Sols Hydromorphes) entretiennent entre- elles plus des relations floristiques, qu'avec la placette SH1. Une explication plausible qui pourrait justifier ce résultat se rapporte à la connectivité entre ces différentes placettes par le biais du réseau hydrique en périodes pluvieuses, qui peut être plus développé entre les trois sous – parcelles (SH2, SH3 et SH4) qu'avec la sous – parcelle SH1.





**Fig.8. Dendrogramme de similarité floristique de 4 placettes.**

Bien qu'il se dégage une similarité floristique entre les placettes SH2 ; SH3 et SH4, l'organisation spatiale de la diversité spécifique (Fig. 9) montre également une démarcation entre ces placettes. La placette SH4, floristiquement proche des placettes SH2 et SH3, s'individualise. Par contre, la placette SH1 se rapproche des placettes SH2 et SH3 en termes de diversité, bien qu'une démarcation se définie également entre-elles.



**Fig.9. Dendrogramme de structuration spatiale des diversités spécifiques des parcelles.**



Ce résultat confirme les observations de Blanc (1998) qui souligne qu'en forêt tropicale, des fortes similarités peuvent se définir entre les parcelles d'un peuplement forestier ou entre les peuplements, sans que cette tendance s'observe quant en ce qui concerne les diversités. Ceci peut trouver son explication par le fait que dans une communauté biologique, la diversité spécifique tient plus compte des espèces rares que de celles qui sont abondantes, par contre les similarités floristiques se rapportent à l'effectif des populations communes, quelle que soit leur densité (Reitsma, 1989).

### 3.4.2. Structuration spécifique spatiale des populations.

Il convient de souligner que les démarcations observées entre les parcelles sur ce substrat colonisable, se définissent également en termes des regroupements entre différentes populations (Fig.10). Par exemple, les espèces *Symphonia globulifera*, *Dichostemma glaucescens*, *Anthonotha pynaertii* et *Chlamydocola chlamydantha* forment un groupe, tandis que d'autres comme *Hallea stipulosa*, *Carapa procera*, *Diospyros boala*, *Grewia louisii* et *Funtumia elastica* forment un autre regroupement. L'individualisation de l'espèce *Lasiodiscus mannii* fait penser que celle-ci s'adapte à des différentes conditions d'hydromorphie du sol dans ce peuplement.

Ce résultat permet de considérer qu'en dépit du faite que les populations caractéristiques soient établies sur un même type de sol, il se définit une structuration spécifique spatiale liée à un regroupement préférentiel entre les populations qui peut trouver sa justification dans la différence spatiale du degré d'hydromorphie.

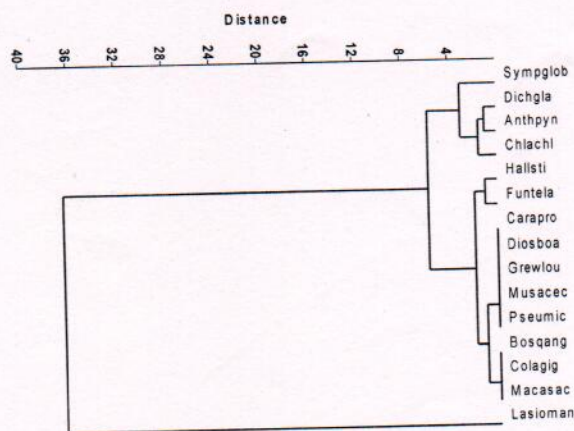


Fig. 10. Dendrogramme des regroupements spécifiques des populations.



## B. PARAMETRES DE STRUCTURE

### 3.5. Structuration spatiale des densités

La figure 11 ci – dessous montre la variabilité de la densité des populations en fonction de la surface échantillonnée sur ce substrat.

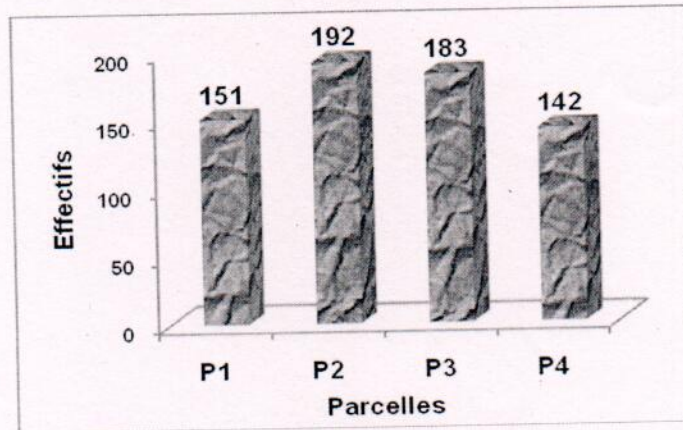


Fig. 11. Histogramme des densités par parcelle.

En appliquant le test de significativité entre les valeurs de densité de ces différentes parcelles, le résultat montre que la variabilité observée se confirme statistiquement par des différences très significatives ( $t = 13.7817$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0008268 < 0,05\%$ ).

Pour vérifier si ces différences significatives sont dues à la taille de l'échantillon ou à l'influence de l'hydromorphie du sol, nous avons regroupé deux à deux les placettes de 50 m x 50 m, formant ainsi deux bandes de 50 m x 100 m (SH1 – SH2).

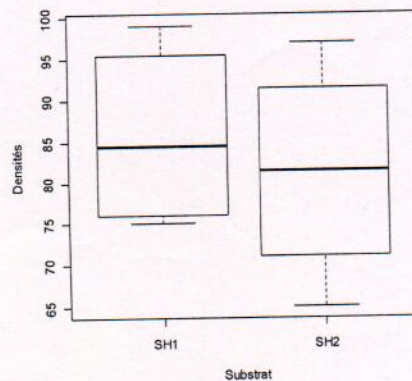


Fig. 12. Comparaison des densités par bandes de 50 m x 100 m.



Il ressort de la figure ci – dessus, que la moyenne des densités est élevée sur la première bande (SH1) que sur la seconde (SH2).

Bien que les moyennes des densités soient différentes entre les bandes, l'application du test de significativité entre-elle montre que ces différences ne sont pas significatives ( $t=8,36$  ;  $dl=1$  ;  $P\text{-value} = 0,07 > 0,05\%$ ).

Ce résultat comparatif permet de considérer que les différences significatives sont l'expression de la taille des surfaces échantillonnées à laquelle s'ajoute la différence du degré d'hydromorphie du sol, d'autant plus que l'action des facteurs environnementaux sur les expressions biologiques des populations sont plus perceptibles sur des petites surfaces que sur des grandes, induisant de ce fait des différences entre les sous – parcelles (Freycon et al., 2003).

### 3.6. Surface terrière.

La surface terrière obtenue sur ce substrat est de  $50,16 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Cette grandevaleur de surface terrière exprime un degré de maturité élevé, qui indique que le peuplement établi sur ces sols n'a pas connu des perturbations de grande envergure. Ce qui a permis aux individus d'acquérir des grandes tailles diamétriques (Rollet, 1974, Doumenge, 1990 ; Sonké, 2007 ; Nshimba, 2008).

De plus, Piérlot (1966) fait savoir que de manière générale, la surface terrière varie en fonction de l'altitude. Plus, l'altitude augmente, plus les peuplements forestiers acquièrent des surfaces terrières élevées. Aux environs de 800 m d'altitude, les surfaces terrières des peuplements atteignent facilement des valeurs variant entre  $40 - 60 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Ce qui peut en outre justifier les valeurs obtenues dans la présente étude.



### 3.7. Structure diamétrique totale

Rollet (1974) souligne que les distributions des grosseurs par classes de diamètres constituent un modèle par excellence qui conduit à une définition aisée de l'équilibre d'un peuplement.

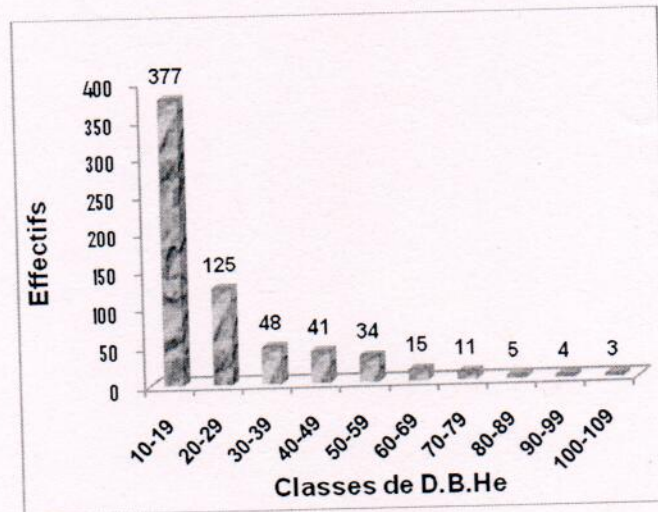


Fig. 13. Structure diamétrique totale.

La forme en « L » ou « J » inversé de la courbe de distribution ci – dessus (Fig. 11), donne une indication de l'équilibre structurale du peuplement, qui implique son équilibre dynamique (Doumenge, 1990).



II. TERRE FERME

A. PARAMETRES FLORISTIQUES

3.8. Richesse et caractéristique floristique du peuplement

Contrairement aux valeurs obtenues sur sols hydromorphes, 652 individus ont été inventoriés sur ce substrat colonisable, regroupés en 80 espèces, 61 genres et 29 familles (Fig. 14)

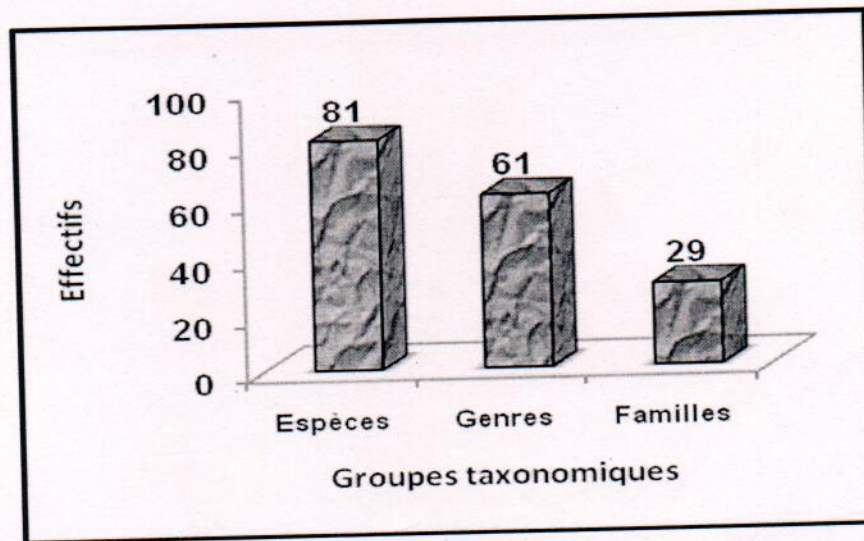


Fig.14. Effectifs des différents groupes taxonomiques recensés.

Tab. 3 : Espèces caractéristiques dominantes de la florule du substrat.

ESPECES	NOMBRE D'INDIVIDUS	%
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i>	10	22,7
<i>Pancovia harmsiana</i>	4	9,1
<i>Synsepalum subcordatum</i>	4	9,1
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i>	3	6,8
<i>Autranella congolensis</i>	2	4,5
<i>Beilschmiedia congolana</i>	2	4,5
<i>Guarea thompsonii</i>	2	4,5
<i>Ricinodendron heudelotii</i>	2	4,5
<i>Funtumia africana</i>	2	4,5
<i>Vitex welwitschii</i>	2	4,5



## Résultats

Sur l'ensemble de ces espèces, 21 espèces constituent le groupe des espèces caractéristiques de la florule, parmi lesquelles abondent les espèces : *Tridesmostemon omphalocarpoides* (22%), *Pancovia harmsiana* et *Synsepalum subcordatum* (9,1%), *Chrysophyllum lacourtianum* (6,8%) et enfin les espèces *Guarea thompsonii*, *Beilschmedia congolana*, *Autranella congolensis*, *Vitex welwitschii*, *Ricinodendron heudelotii* et *Funtumia africana*. (4,5%).

### 3.9. Abondance des taxons

#### 3.9.1. Densité relative des espèces

La figure 15 ci-dessous donne les valeurs des densités relatives des espèces sur terre ferme.

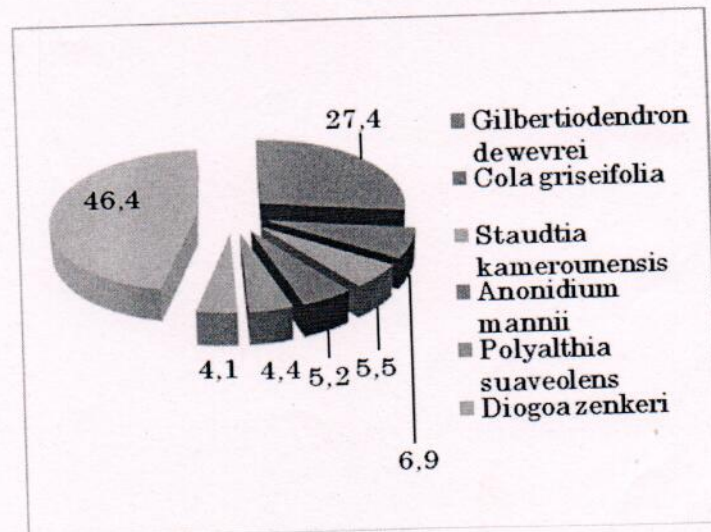


Fig. 15. Histogramme éclaté de densité relative des espèces.

De même sur ce sol, l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* présente une densité relative supérieure de 27,4% comparativement à celle d'autres espèces, particulièrement les espèces : *Cola griseiflora* (6,9%), *Staudtia kamerounensis* (5,5%), *Anonidium manni* (5%), *Polyalthia suaveolens* (4,5%) et *Diogoa zenkeri* (4,1%).



### 3.9.2. Densité relative des familles

La figure 16 ci-dessous donne les valeurs des densités relatives des familles sur terre ferme.

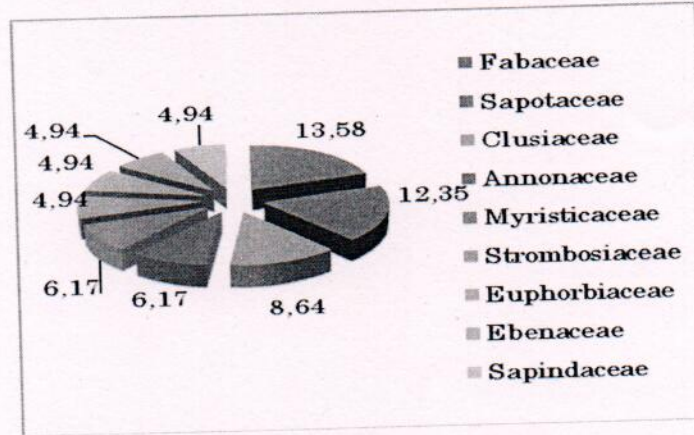


Fig. 16 Histogramme éclaté de densité relative des familles

En ce qui concerne la densité relative des familles établies sur sol, la famille des Fabaceae présente une valeur élevée de l'ordre de 13,58%, suivie des Sapotaceae (12,35%), des Clusiaceae (8,64%), des Annonaceae et des Myristicaceae (6,17%), et enfin des familles Strombosiaceae, Euphorbiaceae, Ebenaceae et Sapotaceae (4,94%).

### 3.9.3. Dominance des taxons

#### 3.9.3.1. Dominance relative des espèces.

La figure ci-dessous présente les valeurs des dominances relatives des espèces sur ce type de substrat.

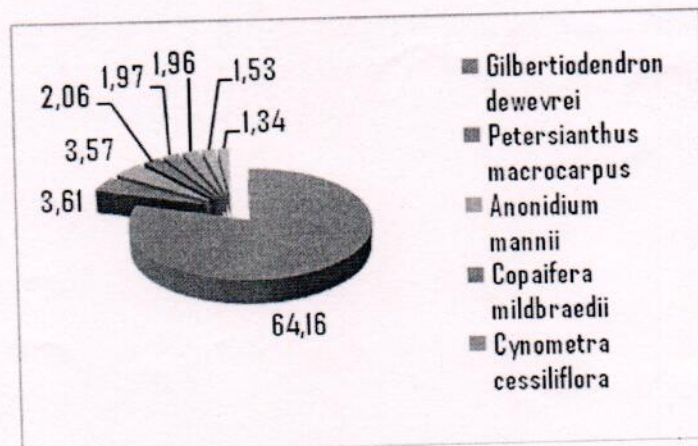


Fig. 17. Histogramme éclaté de dominance relative des espèces sur terre ferme.



## Résultats

Il ressort du graphique ci-dessus que l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* présente des valeurs de dominance nettement supérieures à celles d'autres espèces de la florule sur ce substrat colonisable (64,16%). Les espèces *Petersianthus macrocarpus* et *Anonidium mannii* ont par contre presque les mêmes valeurs de dominances (3,61% et 3,67%), et des faibles valeurs de dominance sont observées pour les espèces *Copaifera mildbraedii* (2,06%) et *Cynometra sessiliflora* (1,97%).

### 3.9.3.2. Dominance relative des familles

La figure ci-dessous présente les valeurs des dominances relatives des familles sur ce type de substrat.

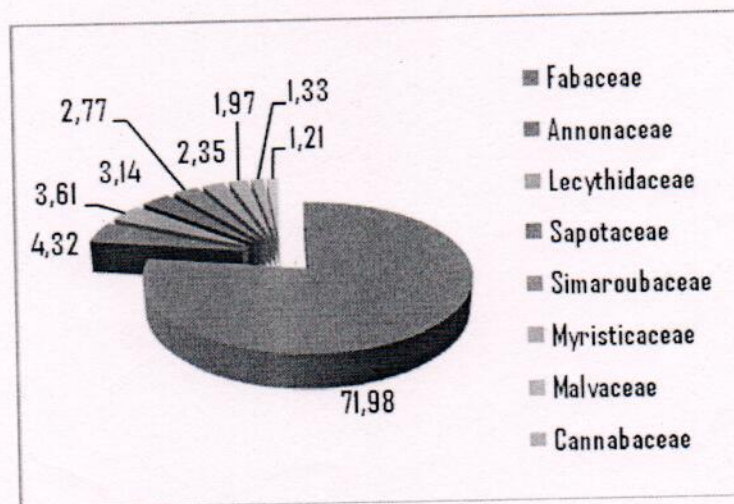


Fig. 18. Histogramme éclaté de dominance relative des familles sur terre ferme.

Il ressort de la figure ci-dessus que la famille des *Fabaceae* présente une dominance largement supérieure à celle d'autres familles de la florule (71,98%), suivie des *Annonaceae* (4,32%), des *Lecythidaceae* (3,61%) et des *Sapotaceae* (3,14%).



### 3.10. Diversités

#### 3.10.1. Diversité relative des familles

La figure ci-dessous présente les valeurs des diversités relatives des familles sur ce type de substrat.

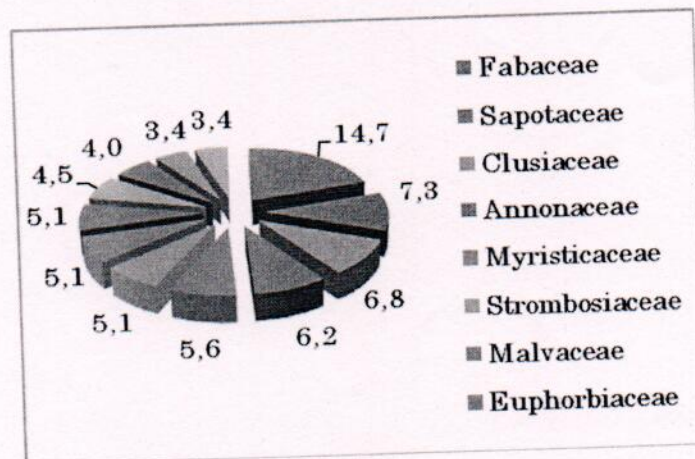


Fig.19. Histogramme éclaté de diversité relative des familles.

Il ressort du graphique ci-dessus que la famille des Fabaceae est plus diversifiée (14,7%), que d'autres familles répertoriées sur ce substrat, plus particulièrement les familles : Sapotaceae (7,3%), Clusiaceae (6,8%), Annonaceae (6,2%), Myristicaceae (5,6%), Strombosiaceae, Malvaceae et Euphorbiaceae (5,1%). Toutefois, la diversité des Fabaceae est plus élevée sur sols hydromorphes que sur terre ferme.

#### 3.10.2. Indices de diversités des parcelles

Tab. 4 Indices de diversités calculés par parcelle sur terre ferme.

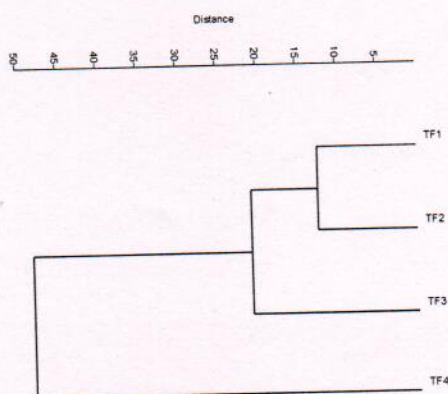
Indices /diversités	TF1	TF2	TF3	TF4
Simpson_1-D	0,90	0,88	0,86	0,93
Shannon - W	3,01	2,87	2,84	3,19
Equitabilité_J	0,82	0,77	0,77	0,84



Le tableau ci-dessus montre que spatialement, les valeurs de diversité spécifique sont dans l'ensemble élevées sur ce sol, bien qu'inégalement réparties. L'indice de diversité de Simpson donne des valeurs de 0,90, 0,88, 0,86 et 0,93. Par contre, celui de Shannon-Weaver donne des valeurs de 3,01, 2,87, 2,84 et 3,19. On observe également des valeurs élevées de l'équitabilité de Pielou (0,82, 0,77, 0,77 et 0,84). Les placettes TF1 et TF2 présentent des valeurs d'indices et celles d'équitabilité beaucoup plus élevées qui expriment une forte diversité du peuplement dans ces endroits contrairement à celles observées dans les parcelles TF2 et TF3.

### 3.11. Similarité floristique des placettes

La comparaison floristique entre différentes placettes échantillonnées sur ce substrat et visualisée dans le graphique ci-dessous (Fig. 21), montre également comme pour les sols hydromorphes, un fractionnement en deux groupes floristiquement différents. Les placettes TF1, TF2, TF3 (TF= Terre Ferme) entretiennent plus des relations floristiques entre-elles qu'avec la placette TF4.



**Fig. 20. Diagramme de similarité floristique de 4 placettes.**

Ce résultat peut trouver sa justification dans la différence de la texture du sol qui entraîne des différences dans la capacité de rétention d'eau (Sabatier et Prévost, 1990), conduisant aux regroupements préférentielles des populations. Par contre, la comparaison de ce résultat à celui de la structuration spatiale de la diversité spécifique, montre un rapprochement de la parcelle TF4 floristiquement individualisée à la parcelle TF1 (Fig. 22).



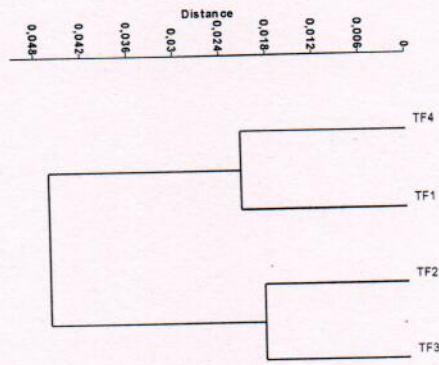


Fig.21. Dendrogramme de structuration spatiale des diversités spécifiques des parcelles.

### 3.11. Structuration spécifique spatiale des populations

Comme dans le cas des sols hydromorphes, les démarcations floristiques observées sur ce type édaphique se définissent également en termes des regroupements entre différentes populations. Par exemple, les espèces *Chrysophyllum lacourtianum*, *Pancovia laurentii* et *Synsepalum stipulatum* forment un groupe, tandis que d'autres telles que : *Ricinodendron heudelotii*, *Vitex welwitschii*, *Autranella congolensis*, *Beilschmiedia congolana*, *Funtumia africana* et *Guarea thompsonii* forment un autre groupe.

La figure ci-dessous exprime le regroupement spatial des populations sur terre ferme

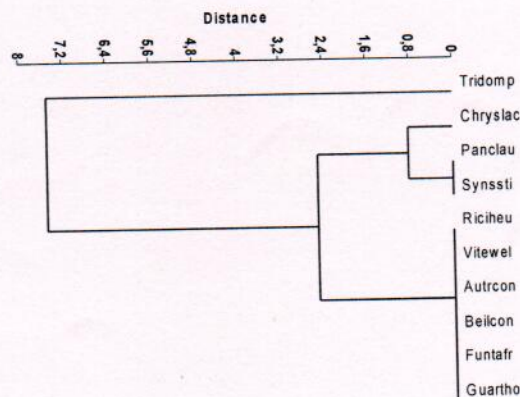


Fig.22. Regroupement spécifique des populations dominantes sur terre ferme



Ce résultat permet de considérer également que sur ce substrat édaphique, une structuration spécifique spatiale due à un regroupement préférentiel des populations s'y définit, pouvant s'expliquer par des différences du taux d'humidité induites par des différences texturales (Sabatier et Prévost, 1990).

L'individualisation de l'espèce *Tridesmostemon omphalocarpoïdes* fait penser que cette espèce s'adapte mieux à ces différences du taux d'humidité.

### B. PARAMETRES DE STRUCTURE

#### 3.12. Structuration spatiale des densités

La figure 23 ci-dessous montre la variabilité de la densité des populations par surface échantillonnée sur ce type de sol.

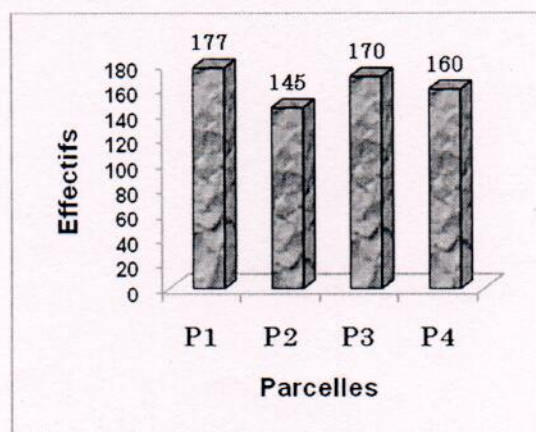


Fig. 23. Histogramme des densités par parcelle.

Le test de significativité appliqué à ces valeurs des densités montre que les différences sont très significatives ( $t = 23.4863$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0001691 < 0,05\%$ ).

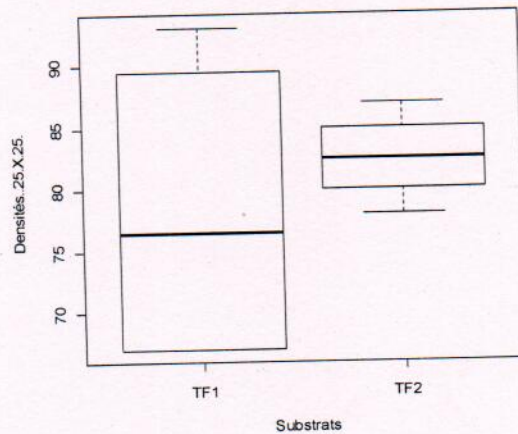
Comme pour les sols hydromorphe, nous avons regroupé deux à deux les placettes de 50 m x 50 m, formant deux bandes de 50 m x 100 m chacune (TF1 – TF2), pour vérifier si cette significativité était une conséquence des variations à petite échelle de surface.

Le graphique 24 ci-dessous montre que la moyenne de densité sur la première bande est largement supérieure à celle de la seconde. Bien que ces différences soient énormes, l'application du test de significativité entre ces différentes valeurs de densités



## Résultats

montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre les bandes. ( $t = -0.2386$ ,  $df = 1.193$ ,  $p\text{-value} = 0.8458 > 0,05\%$ ).



**Fig. 24. Comparaison des densités par bandes de 50 m x 100 m.**

Ce résultat comparatif fait raisonnablement penser que la significativité des différences entre les densités des parcelles sont plus observable à petite échelle de surface qu'à grande échelle.

Considérant que les différences du taux d'humidité sur ce substrat pouvaient justifier la structuration spécifique spatiale observée sur ce substrat, il paraît évident que son action induit des différences significatives entre les parcelles de manière indépendante plutôt qu'à l'échelle de leur regroupement.

### 3.13. Surface terrière

La surface terrière obtenue sur ce substrat colonisable est de  $59,39 \text{ m}^2/\text{ha}$ , qui exprime un degré élevé de maturité du peuplement établi sur ce type de sol. L'absence des perturbations à grande échelle sur le peuplement permet aux individus des populations d'acquérir des grandes tailles diamétriques, qui s'expriment par des surfaces terrières élevées.



### 3.14. Structure diamétrique totale

La figure 25 ci-dessous montre la distribution des grosseurs par classe diamétrique sur ce type de sol.

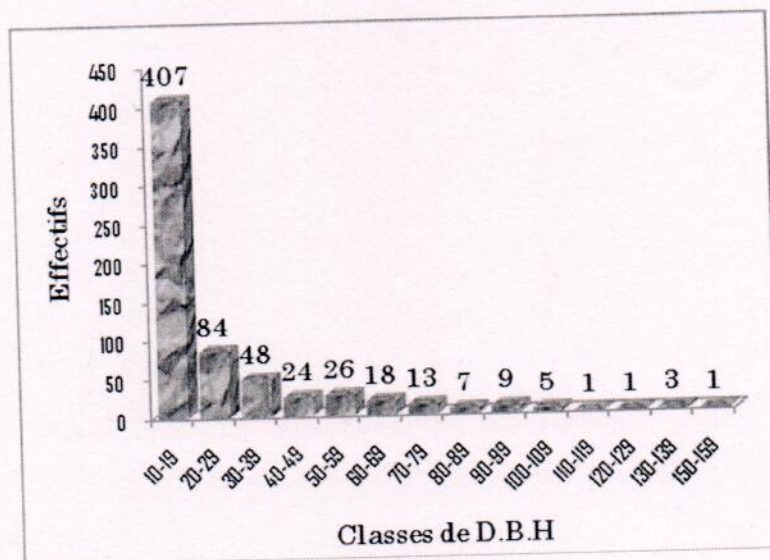


Fig. 25. Structure diamétrique totale.

La structure diamétrique totale sur ce substrat montre une figure en « L » dressée qui indique une situation d'équilibre. On observe une forte densité d'individus de 10 cm de diamètre (407 ind).



## IV. DISCUSSION

L'ensemble des résultats obtenus sur ces deux substrats dans ce peuplement indiquent que les conditions stationnelles ont une incidence non négligeable sur les caractéristiques de la végétation, comme l'ont souligné bon nombre d'auteurs (Fournier et Sasson, 1988 ; Trichon, 1997 ; Freycon et al, 2003).

Dans ce sens, il convient de souligner que la diversité d'expressions biologiques observées à l'intérieur des forêts tropicales (regroupement des populations, distribution des abondances, structuration spécifique spatiale) est généralement corrélative aux gradients environnementaux qui se définissent à l'intérieur même du cycle forestier.

Toutefois, si ces gradients environnementaux définissent les expressions biologiques des populations, certaines caractéristiques peuvent se montrer totalement indépendantes vis-à-vis de l'action d'un facteur.

### 4.1. Regroupement floristique spatial

Fournier et Sasson (1988) font savoir que des regroupements floristiques préférentiels induits par les variations physiographiques et édaphiques s'observent couramment en forêts tropicales, individualisant l'ensemble de la masse forestière en plusieurs micro-habitats structurés fig. 26a et b).

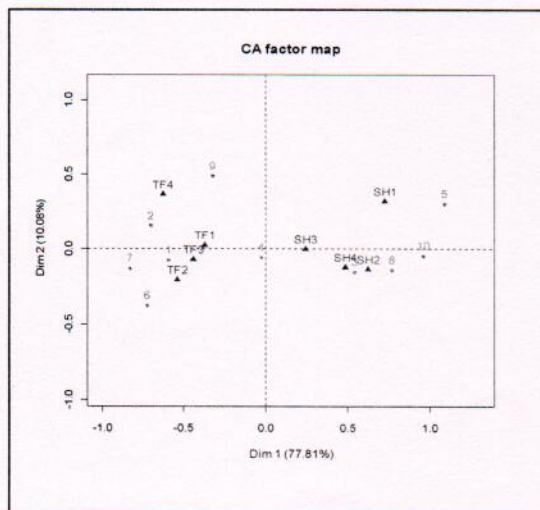
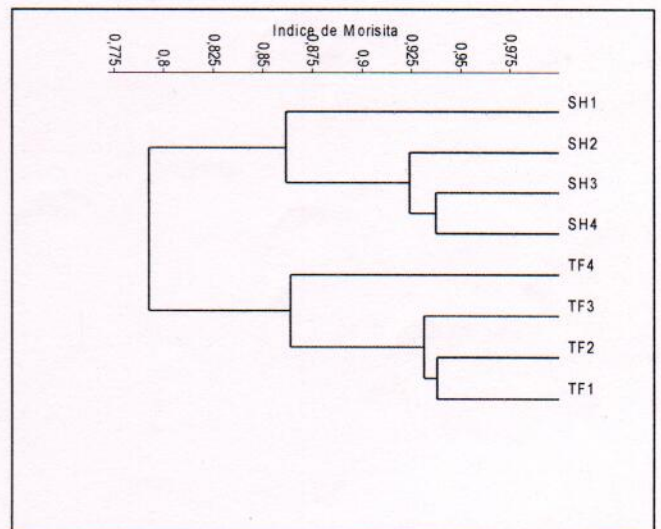


Fig. 26. A. Regroupement floristique spatial.



B. Dendrogramme de similarité floristique des Parcelles.



L'analyse en composantes principales (ACP) appliquée à l'ensemble des parcelles des sols hydromorphes et de terre ferme (Fig.26A), et comparée au diagramme des similarités entre ces parcelles, montre qu'il s'agit de deux groupes floristiquement individualisés. Ce résultat nous permet de considérer que les particularités floristiques induites par l'hydromorphie du sol dans ce peuplement, ont eu à renforcer la contrainte lumineuse liée à la couverture de la canopée, créant ainsi l'individualisation floristique spatiale entre ces différents éco-unités.

Ce qui, raisonnablement, conduit à la confirmation de notre première hypothèse qui stipule que spatialement, le fond floristique diffère d'un substrat à l'autre à l'intérieur de ce peuplement.

#### 4. Relations spécifiques entre parcelles

A la question de savoir s'il existe des relations spécifiques entre différentes parcelles échantillonnées sur sols hydromorphes, comparativement à ceux établies sur terre ferme, la figure ci-dessous montre qu'en termes de diversité, des relations spécifiques se définissent entre les différentes parcelles des différents habitats, bien que des relations floristiques entre ces derniers ne soient pas observables.

Ce rapprochement peut être interprété comme étant lié à la proportion équivalente de la densité d'espèces rares qui définissent le plus, la diversité d'une communauté biologique (Brower et Zar, 1984).

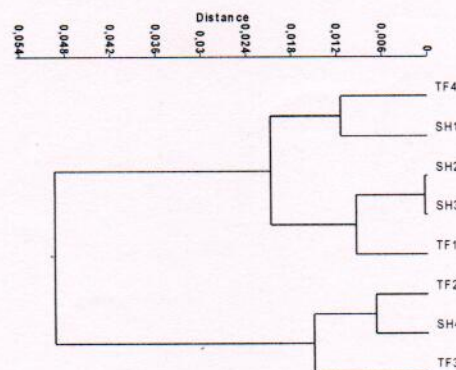


Fig.27. Dendrogramme relationnel de la diversité spécifique entre parcelle



Ceci nous permet de confirmer notre deuxième hypothèse qui stipule, qu'il existe des relations spécifiques entre les sous-parcelles des sols hydromorphes et ceux de terre ferme à l'intérieur de ce peuplement.

En outre, nous considérons par ce résultat que si la contrainte hydromorphique conduit spatialement à la fragmentation floristique des habitats, l'organisation spatiale de la diversité spécifique à l'intérieur de ce peuplement demeure totalement indépendante de ce facteur.

Blanc (1998) souligne qu'en forêts tropicales, il est courant que des similarités floristiques soient définies entre deux parcelles ou une série des parcelles sans que la diversité suive la même logique. Le résultat comparatif des similarités floristiques (Fig.25 B) à ceux des similarités spécifiques (Fig.26) nous pousse raisonnablement à penser qu'à l'inverse des observations de Blanc (1998), des similarités spécifiques peuvent se définir entre des parcelles floristiquement différentes.

### 4.3. Distribution spatiale des abondances

La distribution des abondances dans tout système écologique, constitue une variable quantitative qui exprime l'impact des variations des facteurs environnementaux sur les populations biologiques (Gaudin, 1997). Pour vérifier l'implication de l'hydromorphie du sol sur cette variable et répondre à la question de savoir si les modèles spatiales des distributions des abondances sont-ils différents à l'intérieur de ce peuplement entre ces différents éco-unités, nous avons estimé qu'il était convenable de considérer les abondances en termes des densités réelles.

La comparaison des valeurs de densités des parcelles de deux habitats (sols hydromorphes et terre ferme) illustrées dans la figure ci-dessous, révèle une certaine structuration spatiale, marquée par des variations des densités à l'intérieur de chaque habitat et qui montre des différences très significatives entre les parcelles (**SH**:  $t = 13.7817$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0008268 < 0,05\%$  ; **TF**:  $t = 23.4863$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} = 0.0001691 < 0,05\%$ ).



Toutefois, bien que la significativité soit observable entre les parcelles à l'intérieur de chaque habitat, elle est plus marquée sur sols hydromorphes que sur terre ferme. Ce qui peut trouver sa justification dans la différence du degré d'hydromorphie entre les parcelles de ce substrat.

La figure ci-dessous montre la répartition spatiale comparée des densités par placettes sur sols hydromorphes et terre ferme.

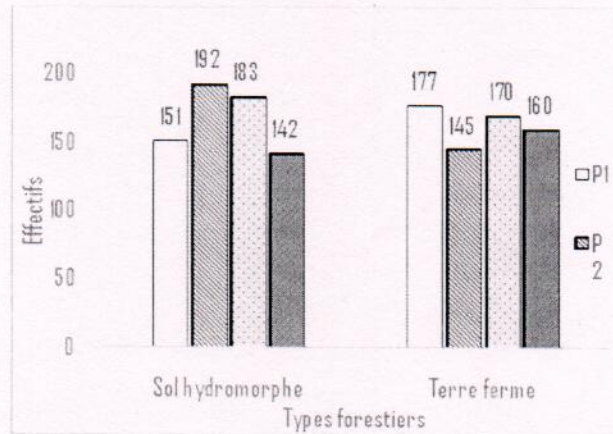


Fig. 28. Répartition des valeurs de densités par parcelle et par substrat

Par contre, si les différences très significatives s'observent à l'intérieur de chaque substrat, la comparaison des valeurs de densités entre ces deux biotopes visualisée par la Fig. 29 de la boîte à moustache par contre ne montre pas des différences significatives ( $t = 0.2864$ ,  $df = 4.7$ ,  $p\text{-value} = 0.7865$ ). Ce qui corrobore les résultats obtenus par Katembo (2013), bien que les valeurs de densités du présent travail (Prés-SH et TF) soient presque deux fois plus élevées que celles obtenues par ce dernier dans cette réserve (Kat-SH et Kat-TF), et par Nshimba (2008) à l'Île Mbiye, Yalanga (2011) et Toke (2013) respectivement sur terre ferme et sur sols hydromorphes dans la réserve de Masako (Fig. 29).



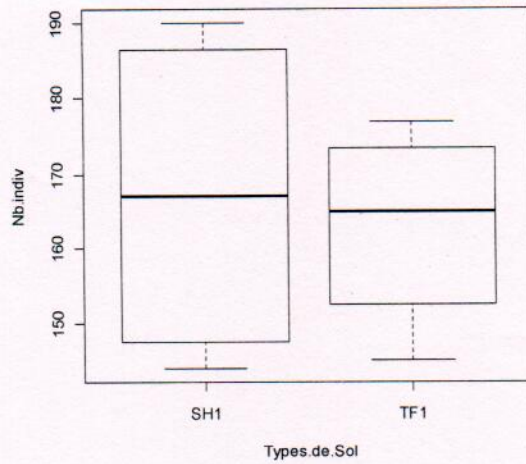


Fig. 29. Boite de dispersion des densités des Sols hydromorphes et Terre ferme.

Le graphique ci-dessous visualise les valeurs des densités enregistrées par différents auteurs dans le peuplement à *Gilbertiodendron dewevrei* des différents sites.

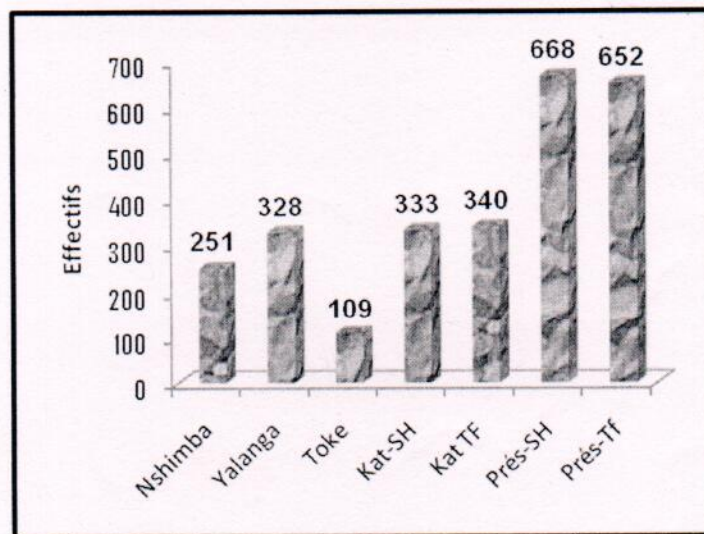


Fig.30. Valeurs comparées des densités des différents peuplements à *Gilbertiodendron dewevrei*.

L'ensemble des résultats discutés sur ce point nous conduit à confirmer notre hypothèse qui stipule que les distributions des abondances sont statistiquement différentes entre les parcelles d'un substrat mais non significatives entre les deux habitats dans ce peuplement forestier.



La figure 31 ci-dessous illustre le regroupement spatial des populations à l'intérieur de ce peuplement.

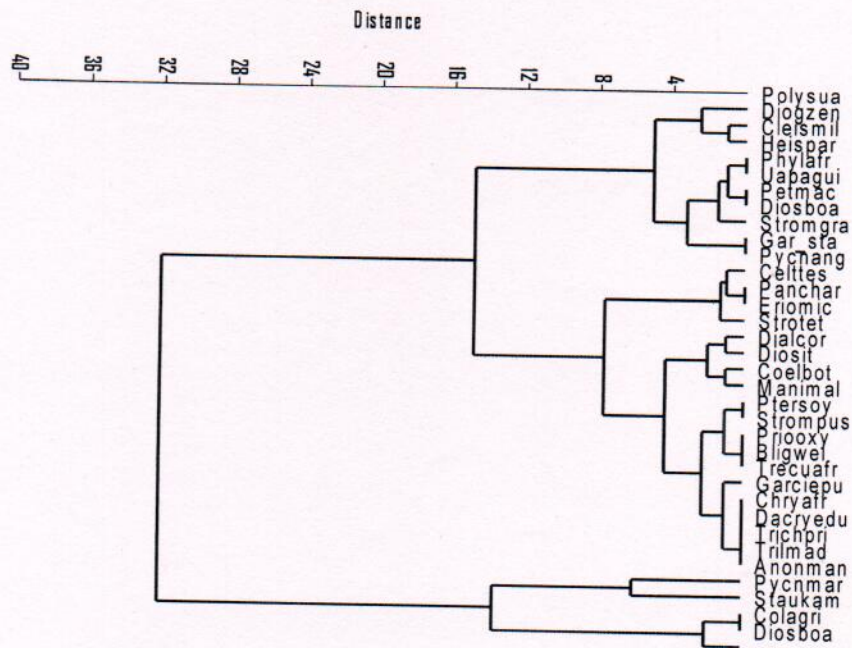


Fig. 31. Dendrogramme de structuration spécifique des populations.

Eu égard la question posée relative à la structuration spatiale des populations, ce résultat montre qu'il existe une structuration spécifique spatiale dans ce peuplement. Toutefois, cette organisation spatiale des populations d'arbres se montre indépendante du type de substrat. Ce qui confirme en partie notre quatrième hypothèse qui stipule qu'il existe une structuration spatiale des populations à l'intérieur de cette formation forestière, dépendant du substrat colonisable.



#### 4.5. Structures diamétriques totales et surfaces terrières du peuplement

##### 4.5.1. Structures diamétriques totales

Les structures diamétriques des populations ou des peuplements forestiers constituent une des caractéristiques fondamentales qui conduisent à une meilleure définition de la situation d'équilibre des peuplements et celle du comportement écologique des populations à l'intérieur d'un cycle forestier (Rollet, 1974 ; Doumenge, 1990).

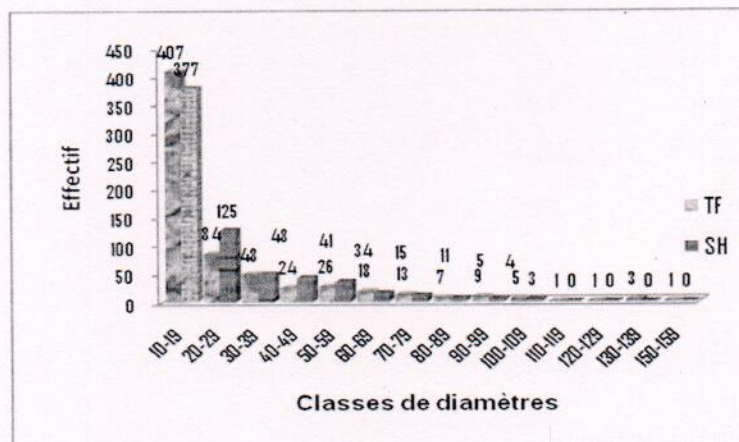


Fig. 32. Structures diamétriques totales comparées TF et SH.

La comparaison des structures diamétriques de ces deux types de sol affiche une certaine identité d'allure, qui indique l'état d'équilibre du peuplement dans ces différents biotopes. Cela atteste à suffisance que la grille d'équilibre imposée par le peuplement forestier s'observe à l'intérieur de son cycle forestier quelque soit le type de substrat considéré. Toutefois, des variations s'observent dans le modèle de recrutement d'individus, plus marquée sur sols hydromorphes que sur terre ferme entraînant des différences numériques des densités.

Et en appliquant le test de significativité entre ces structures diamétriques,  $X^2 = 21.7789$ ,  $df = 9$ ,  $p\text{-value} = 0.009607$ , le résultat montre qu'il existe des différences très significatives entre elles, indiquant par là que les distributions des grosseurs dépendent d'un substrat à l'autre, confirmant de ce fait la première partie de l'hypothèse formulée. Il est à noter que ce résultat corrobore celui obtenu par Katembo (2013), bien que la significativité de 0,0003 exprimée par ce dernier soit inférieure à celle du présent travail.



### 4.5.2. Surfaces terrières

Du point de vue surfaces terrières, la valeur obtenue sur terre ferme (59,39m<sup>2</sup>/ha) est supérieure à celle des sols hydromorphes (50,16 m<sup>2</sup>/ha).

Ce résultat nous permet de considérer que la croissance diamétrique de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* qui constitue l'essentielle de la masse arborescente et aréale du peuplement, est plus grande sur terre ferme que sur sols hydromorphes, contrairement aux appréciations de Devred (1958) qui estimait que des forts diamètres de l'espèce sont enregistrés sur des sols hydromorphes que sur terre ferme.

La moyenne de surface terrière visualisée dans la boîte à moustache ci-dessous se révèle supérieure sur terre ferme que sur sols hydromorphes.

Toutefois, en appliquant le test de significativité entre ces différents substrats colonisables, le résultat montre qu'en ce qui concerne cette caractéristique du peuplement, les différences ne sont pas significatives ( $t = 11.8689$ ,  $df = 1$ ,  $p\text{-value} = 0.05351$ ).

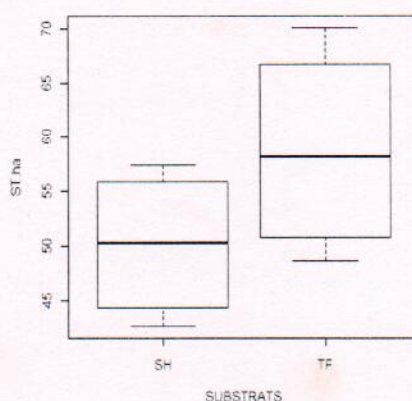


fig. 33. Comparaison des surfaces terrières moyennes SH et TF.

De ce qui précède, nous estimons que si numériquement les surfaces terrières dépendent des substrats colonisables à l'intérieur de ce peuplement forestier (50,16 m<sup>2</sup>/ha sur SH et 59,39 m<sup>2</sup>/ha sur TF), ce qui confirme la seconde partie de notre hypothèse ; statistiquement, des différences se révèlent non significatives entre ces deux substrats



## CONCLUSION

La présente étude est une contribution à la connaissance du fonctionnement des forêts tropicales, plus particulièrement à celle de la compréhension de l'implication des facteurs environnementaux sur les déterminants biologiques, en l'occurrence : la diversité, la distribution des abondances, la structuration spatiale des populations d'arbres, la distribution des grosseurs et la surface terrière dans le peuplement à monodominance de *Gilbertiodendron dewevrei* de la réserve d'Uma.

A la question de savoir si la double contrainte qui s'installe à l'intérieur de ce peuplement agit sur les caractéristiques précitées, nos résultats montrent qu'à l'échelle locale des substrats, les différences se révèlent très significatives, indiquant par là, leur effet décisif sur les caractéristiques de la végétation.

Par contre, à l'échelle du peuplement, ces déterminants biologiques ne présentent pas des différences significatives. Ce qui, raisonnablement, nous permet de considérer que la double contrainte qui s'installe à l'intérieur de ce peuplement conduit au maintien de sa grille d'équilibre.

En outre, bien que l'hydromorphie du sol induit une fragmentation floristique à l'intérieur de ce peuplement, un continuum floristique s'y définit, conduisant à la structuration spatiale des populations.

Du reste, étant donné que la réponse aux impératifs de gestion durable des forêts tropicales nécessite l'acquisition d'une masse importante des données biologiques et écologiques permettant la formulation des règles pratiques de gestion, nous souhaitons que des études relatives à l'implication des facteurs environnementaux sur les caractéristiques de la végétation soient menées dans d'autres formations forestières de la région.

Les données recueillies à grande échelle permettront d'avoir une idée sur la variabilité de l'action de ces facteurs sur les expressions biologiques des populations d'arbres.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bahati, M., 2010** : Structuration floristique et modèles des distributions spatiales des quelques populations d'arbres de la forêt mixte dans la réserve de Yoko (bloc nord). Mémoire inédit, UNIKIS, Fac des sciences agronomique 33p
- Beina, D., 2011** : Diversité floristique de la forêt dense semi- décidue de Mbaïki : Etude expérimentale de l'impact de deux types d'invention sylvicole. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Vernes, Bxl, 72pp.
- Blanc, L. 1998** : Les formations forestières du Parc National de Cat Tien (Viet- Nam) : Caractérisation structurale et floristique, étude de la régénération naturelle et dynamique successionnelle. Thèse, Université Claude Bernard- Lyon1.
- Condit, R., Hubble, S. H. et Foster, R.B. 1995**: Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs*, 419-439 pp
- Cordonnier, T., 2004** : Perturbations, Diversité et permanence des structures dans l'écosystème forestier. Thèse de l'Université Pais XI, Département EPC, France, 256pp
- Counteron, P., 2006** : Statistiques spatiales appliquées à l'étude de la végétation : un lien entre structures et processus dynamiques. UMR CIRAD-CNRS-INRA-Université Montpellier II " botanique et Bioinformatique de l'Architecture des Plantes- AMAP" 69 p
- Doumenge, C. 1990**: Contribution à l'étude des structures de population d'arbres des forêts d'Afrique centrale (Exemple du Gabon, Cameroun et Congo). Thèse de doctorat. Université Montpellier II. 295
- Flore, O., 2005** : Déterminisme de la régénération chez 15 espèces d'arbres tropicaux en forêt Guyanaise : Effet de l'environnement et de la délimitation par dispersion. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier, France, 306 pp
- Fournier, F. et Sasson, A., 1983** : Les écosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique, Paris, 473p
- Freycon, V., Sabastier, D., Paget, D. et Ferry, B., 2003** : Influence du sol sur la végétation arborescente en forêt guyanaise : état des connaissances. *Rév. Fr. LV- numéro spécial* 2003. 14p
- Gérard, P. 1960**: Etude de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uele. *Publ. INEAC, Sér. C. 87:1-159*



**Ghazoul, J, &Sheil, D. 2010:** Tropical rain forest, Ecology, Diversity and conservation. OXFORD, University press, 516 pp.

**Gonzalez, A. 2009 :** Etude de la diversité spécifique et phylogénétique de communautés de plantes ligneuses en forêt tropicale : Apport des séquences ADN dans l'identification des espèces et l'étude des communautés. Thèse de doctorat, Université de Toulouse. 266 p

**Sylvie, G-F., 2013:** Dynamique des peuplements et des populations d'arbres en forêt dense tropicale humide : comprendre et agir. Notes de cours master Reforco 2013

**Sylvie,G.F., 2 004:** Forest structure and dynamique at Paracou. Ecologie and management of a Néotropical Rainforestn2004 Elsevier SAS. All rights reserved

**Hart, T.B., 1990:** Monospecific Dominance in Tropical Rain Forests. TREE vol. 5, no. 7, Elsevier Science Publishers. United Kingdom. 6p.

**Jabot, F., 2009:** Marches aléatoires en forêt tropicale. Contribution à la théorie de la biodiversité. Thèse de l'Université de Toulouse III- Paul Sabastier. France, 91pp

**Kitenge, M., 2011 :** Contribution à l'étude structurale et floristique comparée de la forêt monodominante et mixte dans la reserves forestière de Yoko. Mémoire inédit, UNIKIS, Fac des sciences 49p

**Kouob, S., 2009 :** Organisation de la diversité végétale dans les matures de terre ferme du sud-est Cameroun. Thèse de l'Université libre de Bxl, 188pp

**Lebrun, J. et Gilbert, G., 1954 :** Une classification écologique des forêts du Congo Publ. INEAC, Série SC. No 63, 89p

**Lingfo, B., 2012 :** Etudes floristique et structurales des peuplements à *Pericopsis elata* et *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de Uma, R.D.Congo. DEA, Fac. Des Sciences, Universita de Kisangani. 38p.

**Lisingo, W.L., 2009 :** Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytoocologique multistratè, DEA, Faculté des sciences, UNIKIS. 91p

**Longman, K.A. et Jenik, J., 1974 :** Tropical forest and its environment in Ewer, D. W. & Gwenne, M.D. (éd), Tropical Ecology Series, Longman Group limited, London, 169p

**Madeleine, A.C., 2009 :** Dynamique des peuplements forestiers tropicaux hétérogènes : Variabilité inter et intra spécifique de la croissance des arbres trajectoires de développement



en forêt dense humide sempervirente. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II-Montpellier supagro, France, 258pp

**Martijena et Bullock 1991:** Monospécifique dominance of a tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of biogeography*, 62-74p

**Morneau, F., 2007 :** Effet d'un gradient d'engorgement sur la structure et la dynamique d'une forêt tropicale humide

**Ndjele, M- B.,(1988) :** Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de doctorat, inédite, Faculté des Sciences, ULB, 528p

**Nshimba, S., 2008 :** Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, R.D. Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, labo. Bot. Syst., 389p

**Pelissier, R., 1995:** Relation entre l'hétérogénéité spatiales et le renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente (Forêt d'Uppangala- Ghât occidentaux de l'Inde). Thesis University of Lyon, France

**Reitsma, T.M., 1989:** Végétation forestière du Gabon,, Tropenbos Technical series 1. Netherlands Wageningen, 142p

**Réjou-Mechain, M., 2009:** Origine de la structuration spatiale des communautés d'arbres en forêt tropicale. Approches multi échelles en Afrique centrale. Thèse université Montpellier II, 158p

**Richards, P.W., 1952:** Tropical rain forest. Cambridge University

**Ripley, B.D., 1977:** Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society Series B* 39, 172-212

**Rollet, B., 1974 :** L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine, CTFT, Nogent- sur- Marne, France 115p

**Sabastien, D. et Prevost, M.F., 1990 :** Quelques données sur la composition floristique et la diversité des peuplements forestiers de Guyane française. *Revue : Bois et forêts des tropiques* publ. (T.F.T), 219p

**Salomon, L., 2008 :** Structuration spatiale d'une population de *Spirotropis longifolia* (DC.) Baill. (Leguminosae-Papilionoideae) Cas de monodominance en forêt guyanaise. *Botanique*



et bioinformatique de l'architecture des plantes UMR AMAP (Cirad-Cnrs-Intra-Ird-Univ. Montpellier2). 15 p

**Sonke, B., 2007:** Etude floristique et structurale des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat, Univ. Libre de Bxl, Lab. Syst. & Phytosoc, 276pp

**Toke, N., 2013 :** Structure, diversité et modèles de distribution spatiales de quelques populations d'arbres des sols hydromorphes dans la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevreide* la réserve forestière de Masako, Kisangani (RDC). TFC inédit, UNIKIS, Fac. Des Sciences 42p

**Traissac, M., 2003 :** Dynamique spatiale de *Vouacapoua americana* (Aublet), arbre de forêt tropicale humide à répartition agrégée

**Trichon, V., 1997 :** Hétérogénéité spatiale d'une forêt tropicale humide de Sumatra : Effet de la topographie sur la structure floristique. Article, 431-446 pp

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

**White, F., 1979 :** The Gineo- Congolian and its relationship to other Phytochoria. Bull. University Press

**White, L. J. Et Edwards, A., 2001 :** Contribution en forêt pluviale Africaine. Méthodes de recherche. Wildlife SOCIETY, New USA, 456p

**Yalanga, M., 2012 :** Perturbations forestières, diversité et équilibres des peuplements en milieu forestier tropical : cas de la forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* de Masako. TFC inédit, UNIKIS, Fac des sciences 47p.



**REFERENCE WEBOGRAPHIQUE**

**Site :** ([WWW.MONGOBAY.COM/RAINFOREST](http://WWW.MONGOBAY.COM/RAINFOREST))