

UNIVERSITE DE KISANGANI

FACULTE DES SCIENCES



**B.P. 2012
KISANGANI**

**Département d'Ecologie et Gestion
des Ressources Végétales**

Comparaison de la diversité entre les strates dans les forêts semi-caducifoliées du Sud de la réserve de Yoko (Kisangani, R.D.Congo)



Mémoire présenté et défendu en vue de
l'obtention de Diplôme d'Etudes Approfondies
(D.E.A) en Gestion de la Biodiversité et
Aménagement Forestier Durable.

Par

Jacob MAMBWENI MAKAYA

Promoteur: - **Prof. Léopold NDJELE MIANDA**
(UNIKIS)

Co-promoteur: - **Prof. Jean LEJOLY** (U.L.B.)

ANNEE ACADEMIQUE : 2008 – 2009

DEDICACE

A mon père Denis Makaya Mvumbi, à ma mère Mvila Mvila et à mes frères et sœurs, je vous dédie ce travail.

Remerciements

Mes remerciements vont tout droit au Professeur Léopold Ndjele Mianda de l'Université de Kisangani plus précisément de la faculté des sciences qui a accepté d'être le Promoteur de mon travail malgré la lourde responsabilité de Coordonnateur du volet forestier qu'il a au sein du projet REAFOR afin que la formation des masters soit menée en bonne et due forme ; et, il n'a pas manqué à me donner des remarques pour la finalisation de ce travail.

Je remercie également le Professeur Emérite Jean Lejoly de l'Université Libres de Bruxelles initiateur de ce travail de D.E.A. qui m'a fait bénéficier de ses remarques et de ses conseils combien louables et des motivations afin que j'arrive au terme de mon travail. Grâce à lui que j'ai pu obtenir mon premier outil informatique dans ma vie qui m'a permis de pouvoir stocker , analyser et traiter en collaboration avec les collègues de la promotion mastorale les données dudit travail ; c'est un fait inoubliable et reste graver dans ma mémoire.

Je remercie le Professeur Jean-Pierre Mate Mweru, respectivement Vice-Coordonnateur du volet forestier de projet REAFOR pour les efforts fournis afin de mener au bon port cette formation de master.

Je remercie le CIFOR à travers le Docteur Robert Nasi pour avoir organisé la formation de troisième cycle de qualité grâce à l'appui financier de l'Union Européenne.

Je remercie également sincèrement le Docteur Manuel Perez de CIFOR pour ses explications des logiciels d'analyses de diversité sans oublier Madame Verina.

Mes remerciements vont également à tous les professeurs et docteurs qui nous ont enseignés. Nous pensons particulièrement aux professeurs Jan Bogaert, Quentin Ponnelle, Jean Claude Micha, Henry Maraite, Théodore Treffon, Nicolas Picard, Lokombe, Ulyel, Dudu, Upoki, Dhed'a, Lubini, Hans Beeckmans, Gaston Kimbuani, Paul Mafuka, Raymond Lumbuenamo, Denis Sonwa, Hyppolyte Nshimba, en nous donnant une formation de qualité.

Particulièrement au Professeur Hyppolyte Nshimba, merci pour votre contribution.

Mes remerciements vont également tout droit au Recteur de l'Université de Kisangani le Professeur Ngbonda Dauly, au Secrétaire Général Académique de l'Uni.Kis le Professeur Tshimpanga Bakadianjila, à tout le corps académique et scientifique de la faculté des sciences de l'Université de Kisangani, que ce travail soit pour vous l'expression de mon amour profond.

Je remercie également les Chefs de travaux et Assistants doctorants qui nous ont assistés sur terrain à des travaux pratiques à savoir : Le Chef des Travaux Lomba, les Assistants Prosper Sabongo, Faustin Boyemba, Franck Bapeamoni, Kasuera sans oublier l'Apprenant Master Omatoko.

Je remercie particulièrement le Chef des Travaux Basile Solomo Elumbu, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Aux autres Professeurs, Chefs de Travaux et Assistants de l'Université de Kisangani en général et de la faculté des sciences en particulier, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie même tous les collègues masters REAFOR pour cet esprit de collaboration développé durant les deux années de formation passées.

Aux techniciens Albert Nsimba Ngimbi de la C.F.T., Dieu donné Kombozi Bambal'atiwe de l'herbarium de la faculté des sciences et bien d'autres, merci pour m'avoir aidé à l'identification des espèces végétales dans toutes les strates.

Je remercie également la famille kongo de Kisangani, Marie Mayala et ses enfants ; Au Chef des Travaux Eric Kabishi, merci pour sa contribution tant matérielle que financière ; A maman Oyess Bungudi, ma belle famille, ma famille élargie et bien d'autres personnes dont les noms ne sont pas mentionnés merci pour vos contributions.

Enfin, je remercie mon épouse Delly Bolonge limengo et mes enfants Solange Mvila Mambweni, Bénédicte Makaya Mambweni et Alexandrine Makaya Matondo, qu'elles trouvent ici l'expression de mon profond amour.

RESUME

Cette étude est axée sur la comparaison de la diversité floristique entre les strates dans la forêt semi-caducifoliée au sud de la réserve de Yoko. Elle a comme objectif principal d'analyser la diversité floristique entre les strates par une étude comparative.

La collecte des données a été effectuée dans la réserve forestière de Yoko par la méthode des relevés phytosociologiques dont la taille de l'échantillon dépendait d'un groupe des strates à un autre. C'est ainsi, dans les strates arborescente et arbustive, nous avons utilisé une taille de l'échantillon (relevé) de 2500m² tandis que dans les strates sous arbustive et herbacée, la taille de l'échantillon (sous-relevé) de 2x250 m² avait été utilisée. Pour les deux premières strates (arborescente et arbustive), au total, nous comptons 4 relevés contigus d'un hectare espacés de 100 m des autres, orientés du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest, ce qui fait au total 40000 m² soit 4 ha.

Pour les deux dernières strates (sous arbustive et herbacée), nous comptons 8 sous-relevés de 250 m² chacun espacés de 20 m l'un à l'autre totalisant 2000 m² multipliés par 4, ce qui fait au total 8000 m² soit 0,8 ha (Nord, Sud, Est et Ouest).

Dans la strate arborescente, 1934 individus appartenant à 148 espèces, 106 genres et 32 familles avaient été obtenus. Pour la strate arbustive, 9196 individus répartis en 112 espèces, 91 genres ayant 31 familles avaient été obtenus. Pour la strate sous arbustive, au total 2956 individus ayant 167 espèces, 116 genres et 37 familles avaient été obtenus. Enfin pour la strate herbacée, au total 3544 individus ayant 26 espèces, 17 genres et 9 familles avaient été obtenus.

Au niveau de la strate arborescente, l'espèce *Scorodophloeus zenkeri* est la plus abondante et la plus dominante ; la famille des césalpiniacées est la plus diversifiée. Dans la strate arbustive, *Scaphopetalum thonneri* est l'espèce la plus abondante, de même pour les arbustes typiques, *Scaphopetalum thonneri* bat toujours record ; la famille des Sterculiacées est la plus diversifiée. Dans la strate sous arbustive, l'espèce *Scaphopetalum thonneri* est la plus abondante ; la famille des Rubiacées est la plus diversifiée.

Au niveau de la strate herbacée, l'espèce *Geophila afzelii* est la plus abondante ; la famille des Commelinacées est la plus diversifiée.

En vue de dégager les ressemblances et les dissemblances dans la strate arborescente, une analyse d'ordination des données floristiques (Logiciel R) avait été faite sans émettre les considérations écologiques. C'est ainsi, pour exprimer l'existence d'une communauté entre deux formations végétales comparées entre-elles, l'indice de similarité entre relevés (Logiciel Past) à partir des coefficients de Jaccard et de Morisita avait été calculé. De même pour connaître s'il y a similarité ou pas entre les strates étudiées, le calcul d'indice de similarité (Logiciel Past) à partir des coefficients de Jaccard et de Morisita avait été fait.

Connaissant leurs indices moyens de diversité de Shannon strate par strate, le test statistique de Student (Logiciel R) montre une différence significative entre la strate arborescente et la strate arbustive ; de même pour les deux autres strates (sous arbustive et herbacée), la différence est significative.

Mots clés : Diversité floristique, strates, forêt semi-caducifoliée, Yoko, forêts tropicales, relevés de végétation.

SUMMARY

This study focuses on the comparison of floristic diversity between the layers in the semi-deciduous forest south of the reserve Yoko. Its main purpose is to analyze the floristic diversity between the layers through a comparative study.

Data collection was conducted in the forest reserve by Yoko method phytosociological surveys whose sample size depended on a group of strata to another. Thus, in the tree and shrub strata, we used a sample size (list) of 2500m² whereas in the strata under grass and shrub, the sample size (under-statement) of 2x250 m² had been used. For the first two strata (tree and shrub), in total, we have identified 4 contiguous acres spaced 100 m from other, oriented north to south and from east to west, making a total 40000 m² or 4 ha.

For the last two layers (in shrub and herb), we have 8 sub-records of 250 m² each spaced 20 m apart in other total 2000 m² multiplied by 4, making a total of 8000 m² or 0.8 ha (North, South, East and West).

In the tree stratum, 1934 individuals belonging to 148 species, 106 genera and 32 families were obtained. For the shrub layer, 9196 individuals divided into 112 species, 91 genera with 31 families had been obtained. For the shrub layer in a total of 2956 individuals with 167 species, 116 genera and 37 families were obtained. Finally for the herb layer, in total 3544 individuals with 26 species and 9 families 17 genres had been obtained.

At the tree layer, species *Scorodophloeus zenkeri* is the most abundant and most dominant family of *Caesalpinia* is the most diversified. In the shrub layer, *Scaphopetalum thonneri* is the most abundant species, and for shrubs typical *Scaphopetalum thonneri* still fighting record, the family *Sterculiaceae* is more diversified. In the shrub layer in the case *Scaphopetalum thonneri* is the most abundant family *Rubiaceae* is the most diversified. At the herbaceous layer, species *Geophila afzelii* is the most abundant family of *Commelinacées* is more diversified.

In order to identify similarities and dissimilarities in the tree layer, an analysis ordination of floristic data (R software) had been made without issuing environmental considerations. Thus, to express the existence of a community between two vegetation formations compared with

each other, the index of similarity between statements (Software Past) from the coefficients of Jaccard and Morisita was calculated. Similarly to know whether or not there is similarity between the strata considered, the calculation of similarity index (Software Past) from the coefficients of Jaccard and Morisita had been done.

Knowing their average indices of Shannon diversity stratum by stratum, the statistical test of Student (Software R) shows a significant difference between the tree layer and shrub layer, and similarly for the other two strata (under shrub and herb), the difference is significant.

Key words: Floristic diversity, strata, semi-deciduous forest, Yoko, tropical forests, vegetation records.

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Mots clés	
Summary	
Key words	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
0. INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique.....	2
0.2. Hypothèses.....	3
0.2.1. Questions de recherche.....	3
0.3. Objectif principal.....	3
0.3.1. Objectifs spécifiques.....	3
0.4. Intérêt du travail.....	3
0.5. Division du travail.....	4
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES.....	5
1.1. L'émergence du concept d'écosystème.....	5
1.2. Synthèse historique des forêts tropicales.....	6
1.3. La notion d'Endémisme.....	11
1.4. Aperçu sur la végétation.....	13
1.5. La stratification.....	13
1.5.1. Choix de la Phytosociologie synusiale.....	13
Critères utilisés pour reconnaître les synusies végétales sur le terrain :.....	15
Les étapes de la démarche phytosociologique :.....	15
1.6. Relevés de végétation.....	17
1.6.1. Limiter l'effort d'échantillonnage.....	17
1.6.2. Effort d'échantillonnage et quantification de l'abondance.....	18
1.6.3. Bref historique des types de relevés dans les forêts d'Afrique tropicale.....	19

CHAPITRE DEUXIEME : MILIEU D'ETUDE.....	21
2.1. Présentation du terrain d'étude.....	21
2.1.1. Situation géographique et historique de Yoko.....	23
2.1.2. Caractéristiques climatiques.....	23
2.1.2.1. Températures.....	24
2.1.2.2. Humidité.....	24
2.1.2.3. Insolation.....	24
2.1.3. Sol de la réserve de Yoko.....	24
2.1.4. Facteurs biotiques.....	25
2.1.4.1. Chorologie.....	25
2.1.4.2. Végétation.....	25
2.1.4.3. Action anthropique.....	25
2.1.5. Localisation de la zone d'étude (en vert) dans le dispositif permanent de 400 ha de Yoko.....	26
CHAPITRE TROISIEME : MATERIEL ET METHODES.....	27
3.1. Matériel.....	27
3.2. Méthodes.....	27
3.2.1. Identification des arbres.....	27
3.2.2. Schéma de numérotation des relevés dans la zone d'étude.....	28
3.2.3. Schéma de numérotation des relevés dans la zone d'étude (A.F.C. et Indice de Similarité).....	28
3.2.4. Schéma du dispositif en croix à 4 points cardinaux de la récolte des données et disposition des placettes dans la zone d'étude.....	29
3.2.5. Méthode de prélèvement des coordonnées géographiques du milieu d'étude.....	30
3.3. Méthode d'analyse des données floristiques.....	31
3.3.1. La richesse aréale.....	31
3.3.2. La fréquence relative.....	31
3.3.3. L'abondance des taxons.....	31
3.3.4. La dominance des taxons.....	32
3.3.5. La diversité des taxons.....	32
3.3.6. La surface terrière.....	32
3.3.7. La hauteur dominante des arbres.....	32
3.4. Analyses d'ordination et de classification.....	33

3.5. Les indices de diversité.....	33
3.5. a. Indice de Shannon-Weaver.....	34
3.5. b. Indice de similarité.....	34
3.6. Les tests statistiques.....	35
3.6.1. Test t de Student pour données indépendantes.....	36
CHAPITRE QUATRIEME : RESULTATS.....	37
4.1. Généralités.....	37
4.1.1. STRATE ARBORESCENTE.....	37
4.1.1. A. Résultats obtenus des espèces ligneuses à dbh \geq 10cm sur une superficie de 4 ha.....	37
4.1.1. B. Fréquence Relative.....	38
4.1.1. C. Abondance des taxons.....	39
4.1.1. D. Dominance des taxons.....	40
4.1.1. E. Diversité des taxons.....	41
4.1.1. F. Surface terrière.....	42
4.1.1. G. Richesse aréale.....	43
4.1.1. H. Courbe aire espèces.....	43
4.1.1. I. Répartition des essences par classes de diamètres.....	44
4.1.1. J. Résultats sur l'Analyse Factorielle de Correspondance (A.F.C.).....	47
4.1.1. K. Taux des émergents, dominants et dominés.....	48
4.1.1. L. Représentativité des familles d'arbres.....	49
4.1.1. M. Analyse interstrate.....	50
4.1.2. STRATE ARBUSTIVE.....	51
4.1.2. A. Fréquence relative.....	52
4.1.2. B. Abondance des taxons.....	52
4.1.2. C. Abondance des arbustes typiques.....	53
4.1.2. D. Diversité des taxons.....	54
4.1.3. STRATE SOUS ARBUSTIVE.....	55
4.1.3. A. Fréquence relative.....	56
4.1.3. B. Abondance des taxons.....	56
4.1.3. C. Diversité des taxons.....	57
4.1.4. STRATE HERBACEE.....	58
4.1.4. A. Fréquence relative.....	58
4.1.4. B. Abondance des taxons.....	59

4.1.4. C. Diversité des taxons.....	60
4.1.4. D. Liste des espèces lianescentes dans les chablis du plateau 2.....	60
4.1.5. Résultats de tests de comparaison entre les strates.....	61
4.1.6. Indice de similarité entre strates.....	65
4.1.7. Indice de similarité entre relevés de la strate arborescente.....	66
CHAPITRE CINQUIEME : DISCUSSION.....	68
5.1. Comparaison des paramètres structuraux du peuplement entre les espèces ligneuses de la strate arborescente à dbh \geq 10cm à celles de la strate arbustive sur une superficie de 4ha.....	68
5.1.1. Abondance et fréquence relatives comparées.....	68
5.1.2. Les classes de diamètres des espèces ligneuses à dbh \geq 10cm.....	70
5.1.3. Diversité relative comparée.....	71
CONCLUSION.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Distribution des classes d'occupation du sol.....	11
Tableau 2 : Valeurs de D_{130} moyen, de la surface terrière, du nombre de pieds par relevé et par hectare et le nombre d'espèces pour la strate arborescente.....	42
Tableau 3 : Répartition des individus par classes de diamètres des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10\text{cm}$ (sur 4 ha).....	45
Tableau 4 : Proportion des émergents, dominants et dominés par placeau.....	49
Tableau 5 : Représentativité des familles d'arbres dominants et dominés.....	49
Tableau 6 : Représentativité des familles d'arbres émergents.....	50
Tableau 7 : Valeurs de la surface terrière (m^2/ha), du nombre d'espèces et du nombre d'individus à $dbh \geq 10\text{cm}$ entre la strate dominante et la strate dominée dans la forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i> (sur 4ha).....	51
Tableau 8 : Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate arbustive.....	52
Tableau 9 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate arbustive.....	53
Tableau 10: Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate sous arbustive ...	56
Tableau 11 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate sous arbustive...	57
Tableau 12 : Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate herbacée.....	59
Tableau 13 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate herbacée.....	59

Tableau14 : Comparaison des indices de diversité de Shannon en fonction de leurs richesses en espèces (strate arborescente et strate arbustive).....	61
Tableau15 : Comparaison des indices de diversité de Shannon en fonction de leurs richesses en espèces (strate sous arbustive et strate herbacée).....	62
Tableau 16 : Calcul des valeurs du coefficient de Jaccard et de Morisita au sein de différentes strates.....	65
Tableau 17 : Calcul du coefficient de Jaccard entre relevés (strate arborescente).....	66
Tableau 18 : Calcul du coefficient de Morisita entre relevés (strate arborescente).....	67

Liste des figures

Figure1 : Carte de localisation de la forêt de Yoko.....	21
Figure2 : Carte de stratification de la réserve de Yoko.....	22
Figure 3 : Dispositif permanent de 400 ha de Yoko.....	26
Figure 4 : Fréquence relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$ dans la forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i> de Yoko (sur 4 ha).....	38
Figure 5 : Abondance relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$ dans la forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i> de Yoko (sur 4 ha)	39
Figure 6 : Dominance relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$ dans la forêt à <i>Scorodophloeus zenkeri</i> de Yoko (sur 4 ha)	40
Figure 7 : Diversité relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$	41
Figure 8 : La courbe aire-espèces de la strate arborescente.....	44
Figure 9 : Répartition des individus par classes de diamètres des espèces ligneuses à $dbh \geq 10cm$ (sur 4 ha).....	46

Figure 10: Courbe dendrologique de <i>Scorodophloeus zenkeri</i> à dbh \geq 10cm (sur 4ha)...	47
Figure 11 : Schéma de l'A.F.C.	48
Figure 12 : Abondance des arbustes typiques dans la strate arbustive.....	54
Figure13 : Diversité de dix premières familles des espèces végétales de la strate arbustive.	55
Figure 14: Diversité de dix premières familles des espèces végétales de la strate sous arbustive.....	58
Figure 15: Diversité des familles des espèces végétales de la strate herbacée.....	60
Figure 16 : Comparaison de la diversité moyenne entre la strate arborescente et la strate arbustive exprimée par l'indice de Shannon (Logiciel R).....	63
Figure 17 : Comparaison de la diversité moyenne entre la strate sous arbustive et la strate herbacée exprimée par l'indice de Shannon (Logiciel R).....	64

O. INTRODUCTION

La dernière évaluation de l'Organisation Mondiale pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO, 2007) indique que 13 millions d'hectares de forêts ont disparu chaque année entre 2000 et 2005, en grande partie en Amérique du Sud, en Asie du Sud-Est et dans le bassin du Congo. Durant les 15 années qui se sont écoulées entre 1990 et 2005, l'Afrique a perdu plus de 9% de sa superficie forestière (FAO, 2007). Les causes principales de cette dégradation sont nombreuses et variées: agriculture itinérante et permanente, exploitation forestière, incendies de forêt, exploitations minières, construction d'infrastructure, etc. (FAO, 2003) et de plus en plus l'instabilité socio-politique (Lambin *et al.* (2003), Nshimba (2008)).

Les forêts tropicales sont porteuses d'une charge symbolique énorme, au point que leur destruction suscite une angoisse planétaire. Perçues comme le lieu d'une biodiversité extrême, elles représentent dans l'imaginaire collectif, l'ultime recours contre la pollution et l'effet de serre (Froment & Bahuchet 2003 cités par Kouob, 2009). Le sommet de la CNUCED (Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement) de Rio de Janeiro de 1992 qui a permis l'adoption de la Convention sur la Biodiversité, marque un tournant dans les politiques de conservation et de valorisation des espaces et des ressources naturels. Le concept de durabilité, associé à la gestion forestière permet de prendre en compte l'ensemble des fonctions et des usages de cet écosystème.

Le Bassin du Congo, avec 1,9 million de km² compte parmi les plus grandes forêts denses humides en continu au monde et pourvoit à la subsistance de plus de 20 millions d'individus, dont la plupart dépendent des ressources naturelles pour survivre (White & Edwards 2001). Dans cette même sous-région, 673000 ha de forêt disparaissent chaque année, soit un taux annuel de 0,28% (FAO 2007). A ce rythme, sans tenir compte des conséquences imprévisibles des changements climatiques résultant de l'effet de serre, 15-25% des espèces dont certaines ne sont même pas connues de la science vont probablement disparaître (Davis & al. 1994). La conservation a débuté en Afrique Centrale au XIXe siècle, mais était essentiellement basée sur les espèces charismatiques. Cette approche s'est avérée inadéquate en milieu forestier, le maintien des fonctions, de la structure et de la viabilité des populations exigeant de penser et d'agir à l'échelle d'écosystèmes entiers (PFBC 2006). L'approche écosystémique, intégrée dans les programmes nationaux et régionaux de gestion des ressources forestières s'accompagne de besoins accrus de données aussi bien quantitatives que

qualitatives, vu les connaissances rudimentaires concernant la composante biologique. L'étude de la flore, maillon de base dans l'écosystème du fait de sa position dans la chaîne alimentaire devrait faire partie des activités prioritaires. Il ne s'agit pas simplement de lister une série d'espèces végétales, mais d'explorer les différents mécanismes qui permettent leur coexistence.

Notre étude est axée sur l'inventaire botanique dans les strates arborescentes, arbustives, sous arbustives et herbacées puis, de faire une comparaison de la diversité entre différentes strates en tenant compte de la taille de l'échantillon.

O.1. Problématique

Les forêts tropicales présentent une grande diversité structurelle, architecturale, floristique et le rythme de leur disparition actuelle s'accélère à pas de géant. Elles fournissent au monde 20% des produits forestiers industriels. Ce rôle planétaire se justifie dans le domaine de l'équilibre écologique du globe car, la destruction des forêts tropicales conduit à l'effet de serre, phénomène qui préoccupe actuellement l'humanité (Shand, 1993 cité par Lomba, 2007).

La flore de la R.D.C. en général et celle de la région d'Ubundu en particulier subit une forte pression anthropique due à l'explosion démographique, à l'afflux des réfugiés et autres déplacés des dernières guerres ainsi qu'à la pauvreté. Cela entraîne des conséquences dramatiques, à savoir la destruction des forêts denses par l'exploitation forestière, l'application de l'agriculture itinérante sur brûlis, le piégeage et la destruction des biotopes pour les animaux (Lomba, 2007).

Or selon Blanc P. (2002 cité par Nshimba, 2008), comment protéger une forêt tropicale, une savane ou un désert, si l'on ne connaît pas les richesses floristiques que chacun de ces milieux abrite ? Seule la connaissance pourra être la source de respect, qu'il s'agisse des hommes qui habitent ces milieux ou des chercheurs qui étudient le fonctionnement de ces écosystèmes.

Peu d'études sont faites sur la comparaison de la diversité floristique entre diverses strates dans la réserve forestière de Yoko ; c'est ainsi que cette étude comparative veut être menée en vue de connaître la richesse floristique par strate.

0.2. Hypothèses

- La diversité floristique des herbes serait plus élevée que celle des sous-arbustes.
- La diversité floristique des arbustes serait plus élevée que celle des arbres.

0.2.1. Questions de recherche

Pour les arbres.

- Les espèces dominées seraient-elles localisées en relation avec certains émergents ?
- Les Ebenaceae, Annonaceae, Clusiaceae etc. seraient-elles mieux représentées dans les dominées ?

0.3. Objectif principal

Analyser la diversité floristique entre les strates par une étude comparative de la partie sud de la forêt semi-caducifoliée de la Yoko.

0.3.1. Objectifs spécifiques

- Estimer les paramètres structuraux du peuplement : Richesse aréale, Fréquence relative, l'abondance, la dominance, la diversité, la surface terrière et la hauteur dominante des arbres.
- Recenser et comparer la richesse entre les strates ;

0.4. Intérêt du travail

Connaître l'état actuel de la biodiversité végétale de la réserve forestière de Yoko par une étude comparative afin de donner les bases pour la conservation.

O.5. Division du travail

Ce travail comprend cinq chapitres ; le chapitre premier parlera des généralités en rapport avec le sujet du travail, le chapitre deuxième sera consacré au milieu d'étude, le chapitre troisième parlera de matériel et méthodes, le chapitre quatrième parlera des résultats, le chapitre cinquième fera l'objet de la discussion du travail, une conclusion et recommandations clôtureront ce travail sans toute fois omettre les références bibliographiques et les annexes.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. L'émergence du concept d'écosystème.

Les grandes expéditions naturalistes de la fin du 18e et du début du 19e siècle avaient essentiellement pour mission de décrire les organismes vivants. Il ne s'agissait nullement de se limiter à la systématique, l'intérêt était déjà porté sur les influences des « forces de la nature » et de l'environnement géographique sur la répartition des plantes et des animaux (Humboldt 1807). C'est probablement à cette époque que les notions de compétition interspécifique et de formation végétale apparaissent dans la littérature botanique (Candolle 1820). La description d'espèces était faite sur la base d'approches écologiques (paramètres abiotiques locaux) et biogéographiques (climats, précipitations), sans toutefois qu'une relation de cause à effet soit forcément établie. Une communauté d'espèces se résume en une discontinuité statique parfois assimilée à un « super-organisme » (Forbes 1888 cité par Kouob 2009). Le concept organismique ou biocénotique a par la suite intégré un aspect dynamique, les regroupements ne sont pas fixes et immuables dans le temps, ils évoluent et correspondent à des stades différents, aboutissant théoriquement à un climax (Clements 1916).

Le développement et la synthèse de ces théories dites du discontinuum correspondent à l'émergence des écoles de phytosociologie essentiellement en Europe. L'école sigmatiste (S.I.G.M.A, Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine) se concentre sur la notion d'association végétale (Flahaut 1901, Braun-Blanquet 1915 in Daget & Godron 1982). Il s'agit d'un groupement végétal stable et en équilibre avec le milieu ambiant caractérisé par une composition floristique déterminée dans laquelle certains éléments révèlent par leur présence une écologie particulière et autonome. La phytosociologie synusiale intégrée repose sur la définition des communautés très homogènes en termes de fonctionnalité écologique. Elle regroupe les espèces qui vivent ensembles et ont des stratégies de vie similaires (Gillet et al. 1991). La notion de succession et de la série dynamique est à l'origine de l'école de Gaussen Rey qui par ailleurs est à la base de la classification internationale des formations végétales (Ozenda 1986). La phytogéographie et les différentes écoles phytosociologiques décrivent de nombreux groupements végétaux à différentes échelles (formations végétales, associations, synusies). Outre-Atlantique, le paysage encore peu fragmenté ne permet pas de confirmer l'existence des discontinuités dans le tapis végétal. La

théorie du continuum naît de l'impossibilité de retrouver le long des gradients écologiques, autres que ceux à grande échelle (climat par exemple), des communautés qui répondent à la théorie du discontinuum. Les assemblages d'espèces sont donc fortuits et uniques (Gleason 1926). Cette approche individualiste, où les communautés d'espèces sont établies en partie au hasard est difficilement admise par le courant « phytosociologique » prédominant à cette époque. Ce rejet n'est pas motivé par la démonstration scientifique, mais par des vues philosophiques « there is no place for stochasticity in population biology » (Darwin 1859). La publication de « The individualistic concept of plant association » (Gleason 1926) est d'ailleurs considérée comme la véritable naissance de l'écologie des communautés dans son acception actuelle. Le terme écosystème est proposé pour nommer le système qui combine en une seule unité les organismes vivants et leur environnement physique (Transley 1935). Cette notion vise à concilier les vues organismiques dynamiques (évolution des associations comme un organisme) et celles stochastiques (simple collection d'espèces rassemblées au hasard) exposées plus haut. L'écosystème est l'un des niveaux dans la hiérarchie des systèmes physiques, de l'atome à l'univers (Transley 1935). L'insertion d'aspects thermodynamiques a donné au concept d'écosystème, l'extension qu'elle possède aujourd'hui. Il s'agit d'un ensemble formé par des éléments biotiques ou vivants et par des éléments abiotiques ou morts, soumis à des flux énergétiques et à des relations trophiques (Lindeman 1942). Les communautés peuvent se répéter dans le paysage, comme des fragments d'une mosaïque, lorsque la combinaison des facteurs environnementaux reste la même. Les interfaces des unités encore appelées écotones constituent des milieux atypiques, complexes et organisés, avec des propriétés propres (Whittaker 1953). L'écosystème reste un concept clé en écologie, il s'est depuis peu imposé comme unité de base des programmes de recherche et de conservation.

1.2. Synthèse historique des forêts tropicales

L'apparition de la forêt tropicale est ancienne et liée à celle des plantes à fleurs, ce qui correspond à la fin du Jurassique et au début du crétacé (Crane et al 1995). Cette période coïncide également avec le début de la séparation du proto-continent Pangée donnant naissance à l'océan Atlantique et à l'océan Indien (Chave 2000). L'Afrique et l'Asie font partie de la zone paléo tropicale par opposition à la zone néo tropicale (l'Amérique du sud et l'Amérique centrale). Les forêts tropicales se répartissent entre le tropique du Cancer et le tropique du Capricorne, dans une bande d'environ 23,5 degrés autour de l'équateur. Quelques

formations tropicales sont à la limite de cette bande, notamment Madagascar, l'Australie, la Chine et la côte Atlantique du Brésil. Ces dernières doivent leur présence au climat de mousson qui apporte une forte humidité.

La forêt tropicale humide est généralement séparée en trois zonations altitudinales: La forêt de plaine au-dessous de 1000 m, celle de basse montagne entre 1000 et 1 500 m et celles de haute montagne au-delà. Jusqu'à une époque très récente, la modification des forêts tropicales par des événements climatiques, de même que le lent processus de structuration interne sur plusieurs milliers d'années semblaient peu réaliste (Chave 2000). L'étude de la distribution des oiseaux en Amazonie a apporté la première preuve que la forêt tropicale s'était fragmentée au cours de la dernière période glaciaire et que seules quelques aires refuges de forêts tropicales avaient subsisté (Chave 2000). Cette fragmentation est potentiellement décorrélée et d'amplitudes différentes entre la zone Néo tropicale et la zone Paléo tropicale (Chave 2000). L'hypothèse des refuges forestiers qui en découle (Hamilton 1982, Maley 1987 cités par Kouob 2009) reste très discutée et contestée (Colinvaux 1996).

En Afrique, de nombreuses recherches ont montré que les forêts tropicales se sont fragmentées et ont considérablement régressé durant le dernier maximum glaciaire qui a débuté il y a environ 20.000 ans (Maley, 1996). Les travaux basés sur les marqueurs paléo écologiques ont permis de reconstituer l'histoire des forêts tropicales africaines, notamment au cours de l'Holocène. Au Cameroun, des études de pollens ont été menées dans les lacs Ossa et Barombi-Mbo (Reynaud-Ferra et al. 1996, Giresse et al. 1994). Des travaux similaires ont également été menés au Congo dans les lacs Sindā et Kītina (Vincent et al. 1994, Elenga et al. 1994). Les résultats de ces différents travaux montrent que la dernière phase d'extension forestière maximum a débuté il y a environ 10.000 ans BP (Before present) en même temps qu'est intervenue la dernière phase de réchauffement global. Ensuite, vers 2500 ans BP, les forêts d'Afrique centrale ont subi des destructions catastrophiques, associées à une phase d'extension des savanes (Maley, 1997). La brièveté et l'intensité de cette phase de destruction est illustrée par l'observation dans les mêmes niveaux de la quasi disparition des arbres de type primaire, associée à une forte extension des formations savanicoles d'une part et une expansion rapide des végétations arborées pionnières, correspondant probablement à une première phase de cicatrisation initiant la reconstitution de la canopée (Maley & Brenac 1998, Elenga et al. 1996, Reynaud-Farrera et al. 1996). Le caractère général du phénomène de destruction, son synchronisme apparent (à l'échelle des datations au radiocarbone qui

s'échelonnent de 2800 à 2000 ans BP) entre les différents sites étudiés à travers l'Afrique et son association avec une phase érosive généralisée permettent de conclure qu'il a résulté d'une vaste perturbation d'origine climatique (Maley, 1997). Cette perturbation est difficilement imputable à l'homme, l'expansion des peuples bantous étant attestée depuis 3000 BP par des traces caractéristiques de techniques métallurgiques et d'agriculture dans la région congolaise. Ces peuples bantous auraient profité d'une ouverture de la forêt due à l'assèchement pour coloniser des régions plus au sud, puisque leur présence n'est attestée que dans la région du Cameroun avant cette période (Schwartz 1992). Vers 2000 BP, lorsque le climat est redevenu plus humide et régulier, la dynamique forestière a été dans l'ensemble très intense et a conduit à la reconstitution progressive du domaine forestier. Le retour des formations forestières de type "primaire" est intervenu à des époques différentes suivant la position géographique des sites. La conquête forestière est manifestement inachevée puisque l'extension de la forêt à l'Holocène inférieur reste supérieure à l'extension actuelle. Les vitesses de reconquête sont très faibles (Schwartz et al. 1996) en comparaison des étendues conquises par les formations de savane à partir de 3 000 BP. Une telle évolution en dents de scie peut être comparée à un phénomène d'hystérésis (Maley et Brenac, 1998). Des recherches effectuées sur la végétation actuelle montrent qu'au cours du vingtième siècle le phénomène d'extension forestière se poursuit toujours d'une manière très intense, et ce malgré les feux de savane qui peuvent retarder le phénomène mais qui ne le bloquent pas (Letouzey 1985, Maley 1996). L'aspect en mosaïque de certaines forêts actuelles, caractérisées par un mélange ou une juxtaposition de groupements d'espèces de type sempervirent et de type semi-caducifolié, est probablement une conséquence à long terme des perturbations qui ont affecté le domaine forestier depuis trois millénaires, avec d'abord une intense phase de destruction, suivie d'une phase de reconstitution qui se poursuit encore à l'heure actuelle. Les changements climatiques actuels imputables en partie aux activités anthropiques correspondent aux modèles climatiques (climat relativement chaud) de la phase de destruction des forêts d'Afrique centrale vers 2500 ans BP (Maley 1997).

Aux grandes zones climatiques qui se succèdent des pôles à l'équateur correspondent des grands types zonaux de végétation que l'on peut appeler des formations végétales, c'est-à-dire des communautés végétales (ou phytocénoses) qui se distinguent par leur physionomie. Celle-ci est due à la dominance de certaines formes de vie ou formes biologiques, c'est-à-dire la dominance d'un ensemble de plantes qui, indépendamment de leur position systématique,

présentent des caractéristiques morphologiques et anatomiques résultant de leur adaptation aux facteurs du milieu (ici, les facteurs climatiques).

Une des caractéristiques remarquables des forêts tropicales humides est leur très grande diversité biologique. Dans certaines régions, la richesse spécifique de certains peuplements arborescents atteint des valeurs remarquables. Cette richesse spécifique élevée des arbres est bien entendu fortement liée à la grande complexité des forêts tropicales humides : elle en est à la fois cause et conséquence, par l'intermédiaire des très nombreuses interactions entre le peuplement arborescent et toutes les autres composantes de l'écosystème (flore, faune, micro-organismes, champignons, sol et atmosphère). Au-delà de ce constat remarquable, les questionnements sont multiples (Blanc & al. 2003, Douglas et David 2003 cités par Nshimba 2008).

Les forêts denses tropicales sont les écosystèmes les plus complexes dont la diversité exceptionnelle a longtemps été mise en relation avec leur stabilité. Cette théorie a cependant été remise en question lorsque l'on a découvert que les forêts tropicales ont subi des perturbations importantes et régulières qui ont profondément modifié leur extension. L'explication des patrons de diversité à l'échelle régionale et locale dans les forêts denses tropicales repose sur deux paradigmes, portés par deux écoles qui se sont ignorées pendant longtemps (Ricklefs, 2004). Le premier est basé sur une explication déterministe (contrôle environnemental) et le deuxième sur une explication contingente (facteurs historiques).

Les forêts tropicales humides sont définies comme des formations végétales fermées où les houppiers des arbres et des arbustes se touchent (Aubreville, 1957 ; Trochain, 1951 cités par Zobi, 2002). Dépourvu de graminées, leur sous bois comporte souvent des plantes suffrutescentes et rarement des plantes herbacées, non graminéennes, à larges feuilles (Aké Assi, 1992 cité par Zobi, 2002). L'existence de ce type de végétation est étroitement liée aux climats chauds et humides (Alexandre, 1980 cité par Zobi, 2002) caractérisés par une température moyenne annuelle comprise entre 20 et 27°C, et une humidité atmosphérique supérieure à 80% (Baur, 1964 cité par Zobi, 2002). Ce type de formations végétales comporte deux variantes, principalement déterminées par le régime pluviométrique (Hawthorne, 1995 ; Gillon, 1992 ; Girard et al. ,1991 cités par Zobi, 2002).

Ainsi on a :

La forêt dense sempervirente dont la majorité des arbres reste en feuilles pendant toute l'année. Elle subsiste dans les régions les plus humides où la durée annuelle cumulée de la saison sèche ne dépasse pas 4 mois et où la pluviosité annuelle est supérieure à 1400 mm.

En forêt dense semi-décidue, une partie des arbres se défolie plus ou moins totalement durant les périodes les plus sèches de l'année. Ces saisons sèches durent en moyenne 4 à 6 mois et la pluviométrie totale annuelle est comprise entre 1200 et 1400 mm.

Les écosystèmes forestiers d'Afrique centrale sont reconnus pour leur diversité biologique exceptionnelle. Le fonctionnement de ce vaste ensemble floristique et faunistique résulte de l'intégration complexe du fonctionnement de la multitude d'espèces qui la composent.

Tableau 1 : Distribution des classes d'occupation du sol (source : Vancutsem & al 2006 cités par Nshimba 2008).

Classes d'occupation	Superficie occupée (km²)	Pourcentage
Forêt dense humide	703.671	29,98
Mosaïque savane-steppique-agriculture	313.020	13,34
Savane herbeuse	190.267	8,11
Savane arbustive	160.836	6,85
Forêt secondaire vieille	155.491	6,63
Savane arborée	154.239	6,57
Forêt claire	144.124	6,14
Forêt secondaire jeune	125.338	5,34
Forêt sur sol hydromorphe	102.452	3,37
Mosaïque forêt-savane	84.713	3,61
Complexe agricole en forêt	69.912	2,98
Savane boisée	42.846	1,83
Eau	41.156	1,75
Forêt de transition	26.786	1,14
Agriculture permanente	18.052	0,77
Forêt de montagne	6.602	0,28
Prairie aquatique	5.261	0,22
Prairie marécage	2.053	0,09
Total forêts	1.120.340	47,74 %
Total pays	2.346.819	100 %

Les forêts denses humides viennent en tête avec 29,98 % de l'ensemble de forêts congolaises.

1.3. La notion d'Endémisme

Le qualificatif d'endémisme, créé en 1820 par De Candolle, par un emprunt au langage médical, a été appliqué à des familles et à des genres dont les représentants sont localisés dans un seul territoire. Dans son acception actuelle, le concept d'endémisme est appliqué à tous les groupes (espèces, genres, familles), dont l'aire est réduite à un ensemble géographique déterminé. On parlera ainsi des endémiques du nouveau monde aussi bien que des endémiques d'une île ou d'une montagne. Impliquant une limitation spatiale, l'endémisme

se rattache au problème des migrations végétales et des facteurs qui les limitent. Si un taxon n'occupe qu'un territoire plus ou moins restreint, c'est qu'il n'a pu migrer dans d'autres régions qui seraient elles aussi propres à son existence. Une flore est constituée à la fois de groupes à distribution plus ou moins vaste et de groupes endémiques. On peut à bon droit penser que les seconds n'ont pas atteint la même aire que les premiers, car ils n'en ont pas eu la possibilité : moyens de dispersion ou de connexion terrestres permettant la continuité du milieu où ils vivent.

Ainsi se dégage l'idée que, dans nombreux cas au moins, les groupes endémiques sont ceux qui se sont différenciés postérieurement aux connexions qui ont permis les migrations des autres groupes. Si ce point de vue paraît judicieux pour de très nombreux groupes, il ne saurait cependant être généralisé au point de négliger la possibilité d'aires relictuelles abritant des groupes anciens, ailleurs disparus devant la compétition d'autres espèces. Le terme d'« épibiotique » est parfois donné à des telles plantes reliques (Schnell 1971 cité par Nshimba 2008). La souche d'endémisme guinéo-congolaise est surtout occupée par la forêt dense humide, sempervirente dans les régions les plus constamment pluvieuses et semi-décidue là où existe une courte saison sèche. On peut aisément la diviser en trois domaines ayant chacun ses espèces caractéristiques :

- le domaine de la haute Guinée,
- le domaine de la basse Guinée, et
- le domaine du bassin du Congo.

On notera qu'il existe aussi des espèces présentes à la fois dans le domaine du bassin du Congo et de celui de la basse Guinée, ou des espèces présentes à la fois dans le domaine de la haute Guinée et dans celui de la basse Guinée (Lebrun 2001 cité par Nshimba 2008) .

Selon Ndjele (1988), la nature des sols est le facteur essentiel pour expliquer la genèse de l'endémisme au Congo méridional. Dans la région montagneuse orientale, c'est l'altitude qui est l'élément générateur de l'endémisme. Mais ni l'un ni l'autre de ces facteurs, ne peut justifier la genèse de l'endémisme dans la cuvette centrale congolaise, d'autres facteurs sont donc à rechercher. Traiter de l'endémisme dans cet énorme massif forestier précise l'auteur, n'est pas simple. La première question qui vient à l'esprit est de savoir si la formation forestière de la cuvette centrale a une origine édaphique ou si elle est en équilibre avec le climat. Pour répondre à cette question, il est utile de rappeler les différentes thèses émises :

- pour De Wildeman (1913) in Ndjele (1988), la forêt de la cuvette n'est qu'une formation édaphique ; cette nature édaphique résulterait d'une part, de sa distribution discontinue due à

l'existence de massifs compacts entrecoupés de clairières et d'autre part, du développement du système hydrographique dans les vallées.

- C'est Mildbraed (1923) qui proclama que la répartition de la forêt dense avec ses divers aspects floristiques, montre qu'il s'agit d'une formation en équilibre avec les conditions climatiques ; c'est la thèse admise actuellement (Ndjele 1988).

1.4. Aperçu sur la végétation

La végétation de la Province Orientale est divisée en trois types principaux :

1°) La forêt du type équatorial dense et humide : elle couvre la totalité du District de la Tshopo dont Kisangani fait partie, une partie du Bas-Uélé (50%), du Haut-Uélé (environ 25%) et de l'Ituri (Territoire de Mambassa).

2°) La savane parsemée des galeries ou lambeaux de forêts secondaires : elle s'observe au fur et à mesure qu'on avance vers le Nord-Est de la Province et couvre une partie du District de Haut-Uélé (Territoires de Dungu, Faradje et Watsa), du Bas-Uélé (Poko, Ango et Bondo) et de l'Ituri (Aru, Mahagi et Djugu).

3°) La végétation hétérogène d'altitude : celle-ci couvre le District de l'Ituri (Territoire d'Irumu, une partie du Territoire de Djugu et une partie de Mambassa).

1.5. La stratification

1.5.1 Choix de la Phytosociologie synusiale

La phytosociologie est la branche de la botanique qui étudie la manière dont les plantes dans la nature, s'associent dans l'espace et dans le temps pour composer les différentes entités de végétation. Les populations d'espèces végétales qui exploitent un même habitat naturel, ou biotope, constituent des phytocénoses dont la phytosociologie cherche à décrire la composition et les variations floristiques, mais aussi la dynamique. Constatant que les diverses espèces de plantes ne se répartissaient pas au hasard et que l'on retrouvait souvent les mêmes espèces cohabitant dans des mêmes formes de végétation, les précurseurs de la phytosociologie, tel Château (1866-1952), ont défini les associations végétales comme unités structurelles fondamentales de la couverture végétale.

D'autres phytosociologues, comme Braun-Blanquet (1884-1980) ou Emberger (1897-1969) ont construit un système complexe de classification hiérarchisée, analogue à celui des espèces

vivantes, prenant pour base l'association végétale considérée comme représentée par des «individus d'association». Ce système a constitué un socle théorique pour le développement des outils pratiques de la connaissance écologique, notamment les inventaires floristiques, et il a permis de mettre de l'ordre dans la compréhension des affinités entre les communautés d'espèces et entre celles-ci et le milieu naturel. Mais il a aussi montré ses limites, trop purement descriptives, ouvrant alors la voie à des approches plus globales, comme la phytosociologie synusiale, plus attachées à l'identification des processus fonctionnels de mise en place et d'évolution de la végétation.

La phytosociologie, grâce à la reconnaissance de groupements végétaux qui reflètent la fertilité et les qualités structurelles d'une « station », connaît des applications pratiques évidentes en sylviculture et en agronomie. En matière de protection de la nature, elle permet de distinguer les différents habitats afin de repérer les plus rares et les plus menacés, elle permet aussi dans le cadre d'opérations de restauration écologique des milieux de poser les diagnostics de départ et d'évolution. La phytosociologie existe parce que les plantes, comme le reste, ne vivent pas toutes seules ou isolées. Elles sont, sauf exceptions, associées avec d'autres espèces végétales et animales.

La phytosociologie synusiale intégrée est née dans les années quatre-vingt à partir des travaux de trois chercheurs : Bruno de Foucault (université de Lille 2), François Gillet (université de Neuchâtel) et Philippe Julve. Elle puise ses racines dans les concepts développés au début du 20ème siècle par Lippmaa, Braun-Blanquet, Gams, Du Rietz, Tüxen, Raunkiaer, mais se développe sous une forme renouvelée par l'introduction de l'intégration paysagère, des concepts systémiques et structuralistes, l'apport de méthodologies précisées (analyse dynamique, architecturale, écologique...). Cette approche synusiale intégrée ne prétend pas concurrencer et remplacer l'approche sigmatiste. Elle apparaît de plus en plus comme un outil complémentaire aux autres méthodes d'analyse de la végétation et de modélisation écologique.

Malgré les critiques qui lui sont adressées par une part grandissante de la communauté scientifique, l'approche sigmatiste classique s'avère encore aujourd'hui très utile pour l'élaboration de classifications à l'échelle d'un pays ou d'un continent, qui doivent servir de cadre de référence pour des objectifs de conservation ou de gestion. Quand il s'agit de décrire et de classer des phytocénoses complexes, de rendre compte de leur organisation spatiale et

temporelle, l'approche synusiale constitue une solution privilégiée. Les constructions syntaxonomiques, qui constituent l'essentiel de préoccupations de phytosociologues classiques, ne peuvent plus prétendre évoluer asymptotiquement vers un système universel, stable et définitif (Mucina 1997). La coexistence de plusieurs systèmes de classification n'est pas sans poser de sérieux problèmes ; des conventions de nomenclature seront proposées pour éviter toute ambiguïté. Ainsi, elle se développe surtout actuellement à l'aide de contacts internationaux, ou dans un cadre de gestion des espaces (Gillet, De Foucault & Julve 1991 & Gillet 1998).

Cette méthode reste encore mal connue en Afrique où seule la méthode de phytosociologie sigmatiste est en vogue. Jusque-là, elle n'a été appliquée que par Yongo (2002) en République Centrafricaine et par Senterre (2005) en Guinée Equatoriale. En République Démocratique du Congo, la thèse du Professeur Nshimba constitue un travail pilote, étant donné que c'est pour la première fois que cette méthode est appliquée à Kisangani. A Yoko, ces études sont vraiment récentes.

L'un des concepts centraux de la phytosociologie synusiale repose sur la définition des synusies végétales. Les synusies sont des communautés très homogènes du point de vue fonctionnel écologique. Elles regroupent des espèces qui vivent ensemble et qui ont des stratégies de vie similaires.

Critères utilisés pour reconnaître les synusies végétales sur le terrain :

- homogénéité floristique (en prenant en compte les écophènes) ;
- homogénéité spatiale (espace vital en trois dimensions) ;
- homogénéité des types biologiques ;
- homogénéité phénologique ;
- homogénéité dynamique ;
- homogénéité du mésoclimat et du climat.

Les étapes de la démarche phytosociologique :

* **Phase analytique** : sur le terrain, le but de cette phase est de faire des relevés des synusies

- homogénéité floristique (nécessaire, mais pas suffisante) ;

- homogénéité écologique (sol, mésoclimat, dynamique, stratégie de vie, type biologique) ;
- choix de l'aire du relevé (taille, éclatement) ;

* **Phase synthétique** : au laboratoire, le but est de définir des syntaxons

- isolation des syntaxons élémentaires;
- hiérarchisation taxonomique ;
- choix des espèces caractéristiques.

Ainsi, on a :

-Strate des arbres dominants (A): arbres de généralement plus de 20m de haut (en forêt dense de terre ferme non montagnarde), dont le houppier est soumis une bonne partie de la journée aux rayons directs du soleil et qui contribuent à fermer la voûte forestière (canopée).

Cet ensemble structural peut être scindé en 3 synusies, comprenant les émergents (E, dont l'entièreté du houppier est soumise en permanence aux rayons directs du soleil), les arbres dominants au sens strict (D, dont les houppiers constituent l'essentiel de la canopée) et les arbres co-dominants (Dco, dont les houppiers sont partiellement sous le couvert des D).

-Strate des arbres dominés (Ad): arbres mesurant généralement de 6 à 20m de haut, protégés du rayonnement direct mais dont le houppier n'est pas encore dans les conditions microclimatiques particulières du sous-bois. Les jeunes individus d'arbres dominants (A) passent une partie de leur existence dans cette strate.

-Strate des arbustes (ar): petits ligneux mesurant généralement de 1,5 à 6m de haut, protégés du rayonnement solaire direct et soumis aux conditions microclimatiques particulières du sous-bois. Cette strate comprend clairement plusieurs synusies: notamment les arbustes sarmenteux et les jeunes lianes encore à un stade arbustif.

-Strate herbacée (H): les herbacées et les sous-arbustes (suffrutex notamment).

Les espèces forestières premièrement ne sont pas les mêmes et leur aspect est différent en fonction de la strate qu'elles occupent. Deuxièmement, certaines plantes et certains types physiologiques semblent liés à des environnements différents : fonds de vallées, montagnes, régions côtières etc. Dès que cette constatation est faite et que l'on a compris ou ressenti qu'il existe des types forestiers, on cherche à savoir quelles sont les plantes qui y vivent et dans quelle strate. La strate des arbres dominés se compose d'environ 40% d'espèces d'arbres dominés et 60% de jeunes individus d'espèces appartenant à la strate dominante. (Senterre, 2005).

1.6. Relevés de végétation

1.6.1. Limiter l'effort d'échantillonnage

Une des manières les plus classiques pour abrégé un relevé botanique est d'en réduire les dimensions (c'est-à-dire l'effort d'échantillonnage), ce qu'on combine bien souvent avec le choix d'une certaine catégorie de dbh (qui en somme est aussi une réduction de l'effort d'échantillonnage).

D'autre part, notons que la forme du relevé a aussi son importance: délimiter une surface carrée de 100 x 100m est bien plus difficile et demande bien plus de temps que de délimiter la même surface rectangulaire, par exemple 20 x 500m. En effet, en forêt dense, les déplacements et l'orientation ne sont pas chose aisée et on admet généralement qu'une largeur de 25m de part et d'autre d'un layon central constitue un maximum. Cette distance de 25m correspond grossièrement à la distance maximale de visibilité dans une forêt dense classique.

En fait, il est presque impossible de tracer les limites d'un carré dont les côtés seraient bien parallèles deux à deux, même pour un carré aussi petit que 50 x 50m. D'après notre expérience personnelle, le meilleur compromis entre un relevé plus large, pour éviter les effets de bords (Condit & al. 1996, 1998, Potts & al. 2001 in Senterre, 2005), et un relevé plus étroit, pour accélérer la vitesse de travail (essentiellement le tracé des limites), correspond à une largeur de 10 à 15 (20)m de part et d'autre du layon (Lieberman & al. 1996, Van Paasen 1991, Prévost & Sabatier 1996, Achoundong 1985, Eilu & al. 2004, Huang & al. 2003, Hamann & al. 1999 in Senterre, 2005, etc.).

La largeur généralement considérée variera toutefois en fonction de la taille et de la densité des catégories d'organismes envisagés: pour des plantes de la strate herbacée, une largeur de 2 ou 5m est couramment utilisée (Tuomisto & Uokolainen 1994, Poulsen & Pendry 1995, Gentry & Dodson 1987 in Senterre, 2005).

Bien entendu, l'effort d'échantillonnage ne s'exprime pas uniquement en termes de surface.

Lorsqu'il s'agit de compartiments dont les constituants sont bien individualisés, tels que les arbres, il est possible de procéder au relevé non pas d'une certaine surface mais d'un certain nombre d'individus. Certains procèdent même parfois à des relevés dont l'effort d'échantillonnage est fixé en termes de temps de travail (Senterre, 2005).

En général, l'effort d'échantillonnage en termes de surface augmente pour les relevés centrés sur les strates à hauteur ou dbh croissants: de plusieurs hectares pour les arbres de la canopée à quelques ares (50 à 1000m²) pour le sous-bois, voire quelques m² pour les synusies muscinales épiphytiques et saprolignicoles (1 à 10m²) et 5 à 200m² pour les synusies muscinales épilithiques et épigéiques (Gillet 2000 in Senterre, 2005, p.22).

Pour ce qui est de la strate herbacée, et plus encore pour la strate muscinale (non étudiée ici), le principe de l'effort d'échantillonnage en nombre d'individus pose problème étant donné la définition de la notion même d'individu (voir notamment Blanc 2002 in Senterre, 2005). En effet, qu'est-ce qu'un individu pour des espèces herbacées poussant en touffes (nombreuses Marantacées, Cypéracées, Poacées) ou en nappes (*Geophila spp.*, *Trichomanes spp.* et autres) ? C'est d'ailleurs très probablement une des raisons de la rareté des inventaires complets et quantitatifs.

D'après Blanc (2002) in Senterre (2005), dont la remarque s'inspire des auteurs précités et de sa riche expérience des sous-bois, on trouve en moyenne 1 à 2 individus de sous-bois par m² de sol forestier. D'après notre expérience personnelle en Afrique centrale, une surface de l'ordre de 200m² (200 à 400 individus selon Blanc 2002 in Senterre 2005) permet l'observation de pratiquement toutes les espèces herbacées du sous-bois d'une station donnée.

1.6.2. Effort d'échantillonnage et quantification de l'abondance.

Les individus des différentes strates se différencient par leur espace vital, ce qui implique des tailles différentes de relevé pour des efforts d'échantillonnage proportionnels. Dans les strates arborescentes supérieures, la taille du relevé est fixée à un hectare. Une telle surface permet en général de recenser plus ou moins 100 individus appartenant à une cinquantaine d'espèces, au-delà de cette surface, le nombre d'espèces continue à augmenter et celles qui se rajoutent sont pour la plupart rares (Prévost & Sabatier 1996 cités par Kouob 2009). L'emplacement choisi est un compromis de représentativité et d'homogénéité. Pour la même surface, le nombre d'individus observés est multiplié au moins par 4 lorsque les dbh concernés sont compris entre 10 et 30 cm. Les relevés pour cette catégorie sont ainsi fixés à 0,25 ha pour avoir des abondances comparables. Tous les arbres mesurés, identifiés et comptés dans chaque type de relevé.

La gamme de variation des relevés consacrés au sous-bois en forêt tropicale humide est large. Une surface de l'ordre de 200 m² en forêt tropicale humide d'Afrique centrale permet en général l'observation de pratiquement toutes les espèces herbacées du sous-bois d'une station donnée (Senterre 2005 cité par Kouob 2009).

1.6.3. Bref historique des types de relevés dans les forêts d'Afrique tropicale

Jusqu'il n'y a encore que quelques dizaines d'années, on ne connaissait (du moins en Afrique) que deux grands types d'inventaires botaniques fondamentalement opposés. Il y a d'une part les inventaires de type " forestier ", c'est-à-dire à vocation essentiellement commerciale, et d'autre part il y a les inventaires de type " phytosociologique ".

La **première approche** est depuis longtemps employée par les " forestiers " qui procèdent à des inventaires botaniques basés sur les arbres à dbh ≥ 70 cm, ou parfois ≥ 60 cm, ce qui correspond au diamètre minimum d'exploitation de la majorité des essences commerciales.

Ce type d'inventaire leur permet d'estimer la ressource exploitable d'un massif forestier.

Parfois, ceux-ci rajoutent en parallèle un inventaire des arbres à dbh ≥ 10 cm en vue de connaître le potentiel de régénération de ces essences commerciales. De nos jours, ces deux types d'inventaires servent par ailleurs à ces mêmes forestiers pour établir leur " série de conservation ", notamment dans le cadre des processus d'éco certification (Gillet & al. 2003ab).

Ces relevés " forestiers " sont typiquement constitués de transects rectilignes de plusieurs kilomètres de long sur une largeur soit de 5m (2,5m de part et d'autre d'un layon pour l'observation des dbh ≥ 10 cm), soit de 50m (25m de part et d'autre pour les dbh ≥ 70 cm).

Tous les arbres de diamètre suffisant et compris dans le transect sont comptabilisés, mesurés et identifiés. Cette méthodologie, très pratique et rapide, a inspiré un grand nombre de botanistes avec parfois l'idée de pouvoir récupérer la masse de données des inventaires forestiers (Van Rompaey 1993, 2001). On peut citer notamment les importants travaux du Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) qui réalisa des dizaines voire des centaines de milliers d'hectares d'inventaires forestiers notamment au Cameroun, en RCA et au Gabon (Fournier & Sasson 1983).

Les avantages de l'adoption de transects de type forestier à des fins d'études écologiques sont depuis longtemps évoqués et ont été soulignés notamment par White & Edwards (2001), dans une optique nettement multidisciplinaire (incluant de nombreux aspects d'études fauniques, White 1992, phénologiques, etc.) et donc de conservation. De tels inventaires ont été mis en

place depuis 1992 dans les régions protégées de six pays d'Afrique centrale (Lejoly 1996, 1993a), dans le cadre du Programme Ecofac (Conservation et Utilisation Rationnelle des Ecosystèmes Forestiers d'Afrique Centrale). Cette approche, et les quelques variantes qui s'y rattachent (*Fig.12ab*), est donc toujours à l'heure actuelle la méthode (du moins en Afrique) consacrée aux problématiques de prospection de la biodiversité dans des régions méconnues ainsi que de conservation et de gestion d'aires protégées en milieux forestiers (White & Edwards 2001):

La **deuxième approche** consiste à transposer directement, ou presque, les principes phytosociologiques développés en Europe durant la première moitié du XXème siècle, notamment par Braun-Blanquet (1932). Parmi les diverses écoles phytosociologiques (cf. Troupin 1966, Tanghe 1969), c'est traditionnellement celle de Zurich-Montpellier qui fut transposée en Afrique sous l'impulsion du Professeur Lebrun (1947), lors de son étude de la végétation de la plaine alluviale du Sud du lac Edouard (Parc National Albert, en République Démocratique du Congo). Par la suite de très nombreux auteurs lui ont emboîté le pas, parmi lesquels Lebrun & Gilbert (1954), Germain & Evrard (1956), Schnell (1952ab), Mangenot (1955), Gérard (1960), Troupin (1966), Mosango & Lejoly (1990), Masens da-Musa (1997), et bien d'autres qu'on trouvera cités dans la synthèse de Schmitz (1988).

La méthodologie est très simple et consiste la plupart du temps en petits relevés de 500m² (50 x 10m, ou quelques dizaines d'ares) sur lesquels l'abondance est estimée, par coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, pour chaque espèce présente, sans limite de dbh, ou parfois à partir de 10cm.

Les travaux de ces pionniers de la phytosociologie en Afrique restent encore aujourd'hui des références incontournables de part l'énorme expérience des botanistes de cette époque.

CHAPITRE DEUXIEME : MILIEU D'ETUDE.

2.1. Présentation du terrain d'étude.

Localisation de la forêt de Yoko

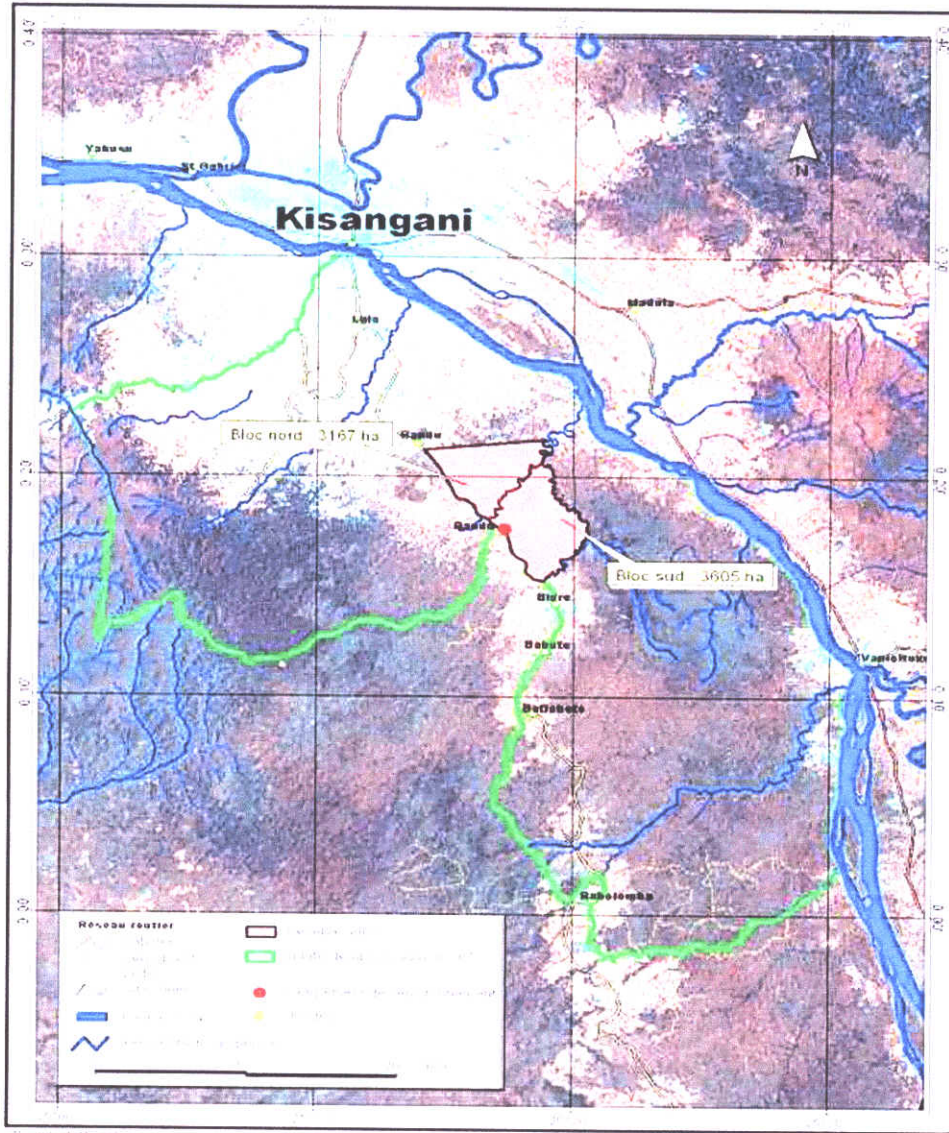


Fig.1 : Carte de localisation de la forêt de Yoko.

Stratification de la réserve Yoko

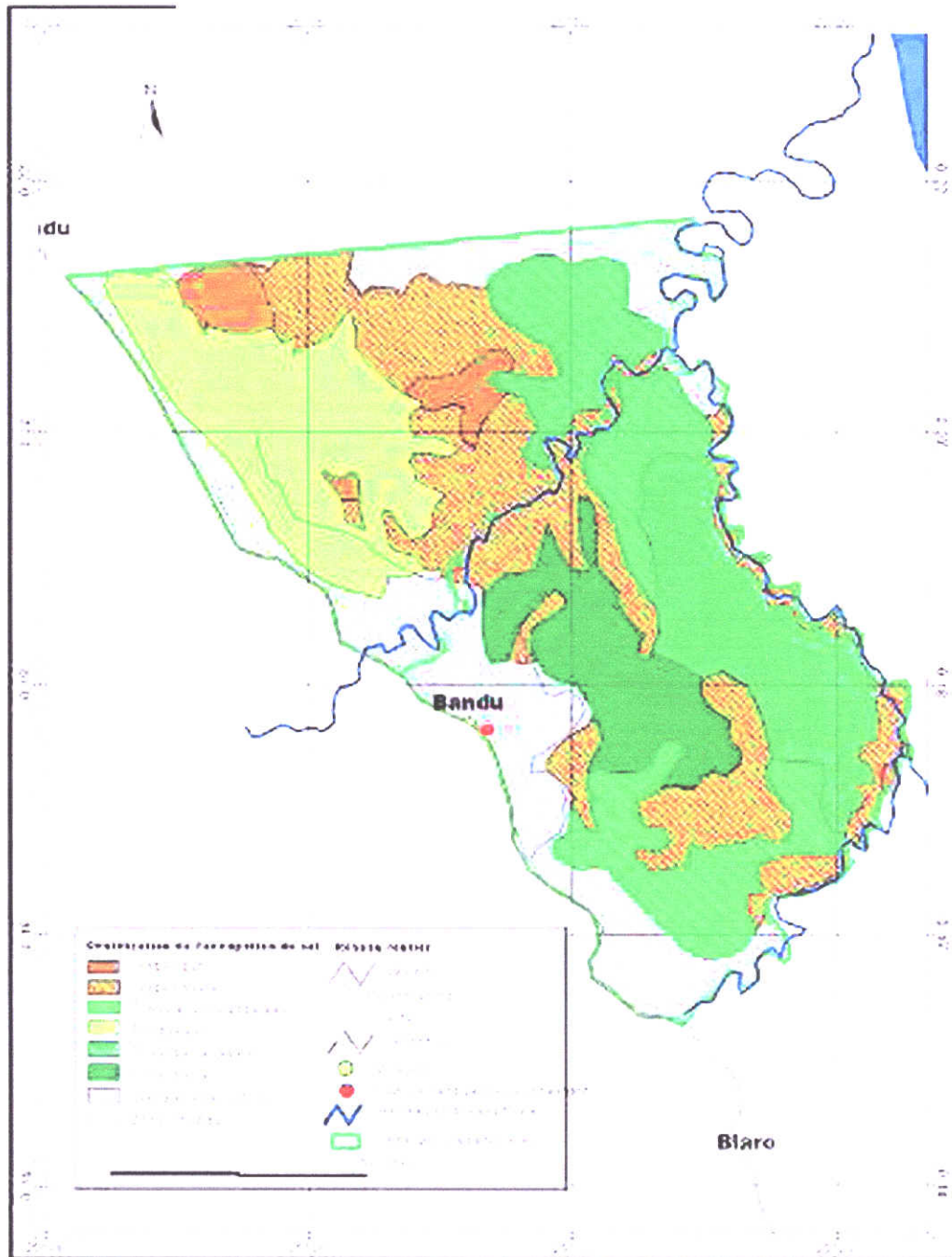


Fig.2 Carte de stratification de la réserve de Yoko

2.1.1. Situation géographique et historique de Yoko.

Le réserve forestière de Yoko est délimitée au Nord par la ville de Kisangani et les forêts perturbées, au Sud et à l'Est par la rivière Biaro qui forme une demi-boucle en suivant cette direction, à l'Ouest par la voie ferrée et la route le long de laquelle elle se prolonge des points kilométriques 21 et 38 (Lomba et Ndjele, 1998).

Elle est régie par l'ordonnance-loi n°52/104 du 28/02/1959 du Ministère de l'Environnement et tourisme (rapport provincial de l'Environnement, 1989).

- Elle est une propriété privée de l'Institut Congolais pour la conservation de la Nature (ICCN) conformément à l'ordonnance-loi n°75-023 de Juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat pour le but de gérer certaines institutions publiques environnementales telle que modifiée et complétée par l'ordonnance-loi n°78-190 du 5 Mai 1988.

Elle est baignée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux parties dont la réserve Nord avec 3.370 ha et la réserve Sud avec 3.605 ha, soit une superficie globale de 6.975 ha. La Réserve forestière de Yoko est située dans le District de la Tshopo, dans le Territoire d'Ubundu et dans la Collectivité Bakumu-Mangongo.

2.1.2. Caractéristiques climatiques.

En tenant compte des irrégularités dans le prélèvement des données climatiques de la réserve et en suivant sa situation à la périphérie de Kisangani, la réserve de Yoko bénéficie globalement du Climat régional de la ville de Kisangani type de la classification de Köppen (Ifuta, 1993 cité par Christophe Lomba bosombo, 2007).

Ce climat est caractérisé par :

- la moyenne des températures du mois le plus froid supérieure à 18°C ;
- l'amplitude thermique annuelle faible (< 0,5°C) ;
- la moyenne des précipitations du mois le plus sec oscillant autour de 60 mm.

Cependant, la réserve forestière de Yoko présente quelques petites variations microclimatiques dues à une couverture végétale plus importante et au réseau hydrographique très dense.

2.1.2 .1. Températures

Les variations des températures de l'air oscillent entre 22,4°C à 26°C. Le mois le plus chaud s'observe en mars 1995 et le plus froid en janvier 1992 (Lomba, 2007).

2.1.2.2. Humidité

En juillet 1992, juin et juillet 1994 ainsi qu'en décembre 1996, les moyennes mensuelles de l'humidité de l'air sont plus élevées (90 %). La moyenne mensuelle la plus basse s'observe en février 1992 (72 %). La moyenne annuelle la plus faible (81,6 %) est celle de 1987, la plus élevée (86,8 %) est observée en 1996 (SOKI, 1994).

2.1.2.3. Insolation

L'insolation relative de la région oscille entre 42 et 45 % dans l'atmosphère surmontant les forêts de l'Est de la République Démocratique du Congo. Le maximum se situe en janvier – février et le minimum est observé en août (DEVRED cité par SOKI, 1994).

2.1.3. Sol de la réserve de Yoko

La réserve forestière de Yoko a un sol présentant les mêmes caractéristiques reconnues aux sols de la Cuvette Centrale congolaise. Ce sont des sols ferralitiques (classification française) des forêts tropicales ou encore appelés ferralsols (classification de la FAO) ou encore oxisols (classification USDA) (SYS, 1960) cité par Kumba, 2007.

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

2.1.4. Facteurs biotiques

2.1.4.1. Chorologie

La réserve forestière de Yoko étudiée se trouve dans la chorologie de l'ensemble de District de la Tshopo (NDJELE, 1988) :

- District Centro-oriental de la Maïko;
- Secteur Forestier Central
- Domaine Congolais
- Région Guinéo-congolaise.

2.1.4.2. Végétation

Le cadre phytosociologique de cette réserve est défini comme suit :

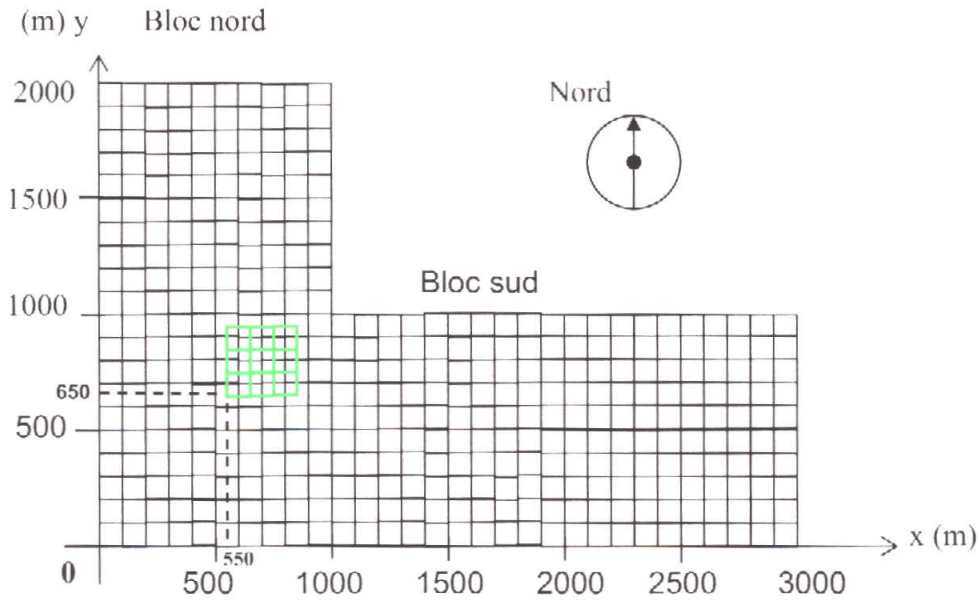
- la végétation de la partie nord fait partie de groupe des forêts mésophiles sempervirentes à *Gilbertiodendron dewevrei*, à l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion*, à l'ordre des *Gilbertiodendretalia dewevrei* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (LEBRUN & GILBERT, 1954).
- la partie sud de la réserve appartient au type des forêts mésophiles semi-caducifoliées à *Scorodophloeus zenkeri*, à l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion*, à l'ordre des *Piptadenio-Celtidetalia* et à la classe des *Strombosio-Parinarietea* (LEBRUN & GILBERT, 1954).

2.1.4.3. Action anthropique

La réserve forestière de Yoko est soumise à l'activité des habitants des villages situés le long de la route Kisangani – Ubundu. Cet aspect a une importance dans l'interprétation des paysages botaniques.

2.1.5. Localisation de la zone d'étude (en vert) dans le dispositif permanent de 400 ha de Yoko

Notre étude s'est effectuée à la Yoko Sud.



Légende



Dispositif permanent de 400 ha en forme de L



Parcelle de 9 ha dans le dispositif permanent de 400 ha (1 ha/quadrat)

Figure 3 : Dispositif permanent de 400 ha de Yoko.

CHAPITRE TROISIEME : MATERIEL ET METHODES

3.1. Matériel

a) Matériel technique

- Une boussole pour la direction et l'orientation des layons ;
- Un pentadécamètre pour les mesures des layons et des aires d'inventaire ;
- Une machette pour l'ouverture des layons ;
- Un sécateur pour la récolte des échantillons des plantes ;
- Des papiers journaux et une presse pour la constitution des herbiers ;
- Une boîte de peinture pour le marquage des arbres ;
- Un GPS pour la détermination des coordonnées géographiques
- Un fil nylon de 50m pour la délimitation des placettes ;
- Un relascope pour la détermination de la hauteur des arbres suivant les strates ;
- Un mètre ruban pour la mesure des circonférences des espèces ligneuses.

b) Matériel biologique : ce sont les espèces végétales à inventorier. Les espèces non identifiées ont été collectées en formant l'herbier et amenées à l'herbarium pour leur identification.

3.2. Méthodes

3.2.1. Identification des arbres.

Il n'est pas très rare d'être confronté à des difficultés d'identification d'arbres sur le terrain.

C'est pourquoi la combinaison des caractères végétatifs suivants, était observée sur le terrain :

- la forme générale du tronc à la base (cylindrique, avec contreforts ou échasses) ;
- texture de l'écorce (fibreuse, granuleuse) ;
- couleur de l'entaille (ocre, rouge, brune, jaune,...) ;
- le goût de l'écorce ;
- odeur (ail, essence, térébenthine...) ;
- exsudation (latex jaune, orange, blanc, résine,...) ;

- type de feuilles et forme ;
- ramification de l'arbre, le fût et le port.

Même si les détermineurs possèdent une bonne connaissance des essences forestières, la confection d'un herbier constitué des plantes fertiles étaient d'une importance capitale et certifie la détermination des différentes espèces (Nshimba, 2005)

3.2.2. Schéma de numérotation des relevés dans la zone d'étude

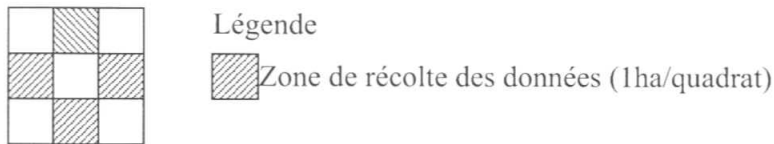
		10	12		
		9	11		
2	4			14	16
1	3			13	15
		6	8		
		5	7		

3.2.3. Schéma de numérotation des relevés dans la zone d'étude (A.F.C. et Indice de Similarité)

		R62	R64		
		R61	R63		
R22	R24			R82	R84
R21	R23			R81	R83
		R42	R44		
		R41	R43		

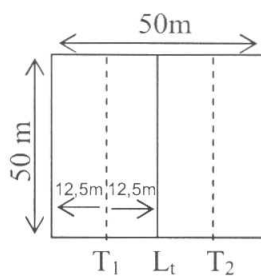
3.2.4. Schéma du dispositif en croix à 4 points cardinaux de la récolte des données et disposition des placettes dans la zone d'étude.

a) Dispositif en croix de 4 ha dans 9ha

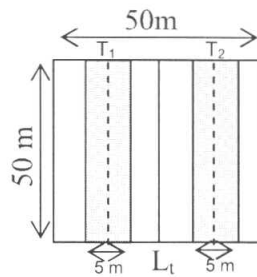


b) Disposition des placettes

b.1.



b.2.



b.1. Relevé pour les arbustes, les lianes dans les trouées et les arbres (quadrillage de 10m x 10m).

b.2. Relevé pour les herbes et les sous-arbustes avec un taux de sondage de 20%.

Légende : L_t = Layon transversal

T_1 et T_2 = Transects 1 et 2

Compte tenu du temps qui nous a été imparti, quatre hectares disposés en croix dans le neuf hectares installés ont été inventoriés.

- a) Pour la strate arborescente : Nous avons pris tous les arbres à $D_{130} \geq 10$ Cm c'est-à-dire diamètre à la hauteur de la poitrine, soit le diamètre à 130cm d'après Brokaw et Thompson, 2000 cité par Nshimba, 2008 (positionnement, marquage et identification). Attribuer à chaque espèce son statut à l'égard de la lumière sur base de l'analyse des arbres en 3 strates arborescentes :
- émergents (> 30m)
 - dominants (20-30 m)
 - toujours dominées (<20m)

Le quadrillage de 10m x 10m nous a servi pour pouvoir inventorier ces arbres en faisant des virées à partir de 100m de long.

- b) Pour les arbustes : Inventorier sur base d'un quart d'ha (25 ares), noter le nombre de pieds de chaque espèce en balayant une bande de 12,5m et ainsi de suite. Cette méthode

est utile car, elle nous facilite l'inventaire et augmente des précisions sur le nombre d'individus inventoriés par bande.

- c) Pour les lianes : Leur identification avait été surtout effectuée dans les trouées où les feuilles et parfois les fleurs sont accessibles. On a fait l'inventaire sur des surfaces d'un are au niveau des chablis pour les petites lianes.
- d) Pour les herbes et les sous arbustes : On s'est placé au milieu de chaque sous relevé de 25 m et on a balayé une bande de 5m dont 2,5m de part et d'autre du transect et ainsi de suite avec un taux de sondage de 20%.

N.B : Strate arbustive renferme : les Sp. arbustives et lianescentes : 2-10m

Strate sous arbustive : 0,4 - 2m

Strate herbacée : 0,2 - 1m ou 1 - 6m pour les plantes herbacées géantes.

Il est à noter que le transect avait été effectué en abattant le moins possible de végétation, de façon à ne pas augmenter l'éclairement au sol. En particulier, les arbres à dbh supérieur à 5cm ont été maintenus et contournés.

Plusieurs ouvrages parlant aussi de la notion du transect nous ont aidés à l'identification de différentes espèces végétales, c'est notamment : Lejoly J. (1993), Lejoly J. (1995)

3.2.5. Méthode de prélèvement des coordonnées géographiques du milieu d'étude.

Les coordonnées géographiques avaient été prélevées dans les quatre coins de chaque placeau d'un hectare à savoir :

Coin NE C2	: N 00° 17' 7,87''	E 025° 18' 8,02''
Coin SE C2	: N 00° 17' 7,33''	E 025° 18' 8,03''
Coin NW C2	: N 00° 17' 7,90''	E 025° 18' 7,51''
Coin SW C2	: N 00° 17' 7,34''	E 025° 18' 7,54''
Coin NE C4	: N 00° 17' 7,33''	E 025° 18' 8,59''
Coin SE C4	: N 00° 17' 6,75''	E 025° 18' 8,56''
Coin NW C4	: N 00° 17' 7,33''	E 025° 18' 8,03''
Coin SW C4	: N 00° 17' 6,78''	E 025° 18' 8,07''
Coin NE C6	: N 00° 17' 8,42''	E 025° 18' 8,56''
Coin SE C6	: N 00° 17' 7,88''	E 025° 18' 8,50''
Coin NW C6	: N 00° 17' 8,41''	E 025° 18' 7,99''

Coin SW C6	N00° 17' 7,87''	E 025° 18' 8,02''
Coin NE C8	N 00°17' 7,88''	E 025° 18' 9,08''
Coin SE C8	N 00° 17' 7,37''	E 025° 18' 9,10''
Coin NW C8	N 00° 17' 7,88''	E 025° 18' 8,50''
Coin SW C8	N00° 17' 7,33''	E 025° 18' 8,59''

3.3. Méthode d'analyse des données floristiques

3.3.1. La richesse aréale

C'est l'une des mesures les plus communes de la biodiversité. Elle indique le nombre d'espèces recensées par unité de surface (Monod 1955, Margalef 1958, Menhinick 1964, Walker 1992 et 1995). Elle nous permet ensuite de bien suivre la variation du diamètre et de la surface terrière au sein de la surface étudiée.

3.3.2. La fréquence relative

Selon Curtis & McIntosh R.P., 1950 cité par Nshimba, 2008, la fréquence d'une espèce est égale au nombre d'apparition de cette espèce sur la surface d'inventaire. La fréquence relative d'une espèce est égale au quotient de la fréquence par la somme de fréquences de toutes les espèces et multipliée par 100.

$$\text{Soit, Fréquence relative d'une espèce} = \frac{\text{fréquence d'une espèce}}{\Sigma \text{ des fréquences de toutes les espèces}} \times 100 \text{ (1)}$$

3.3.3. L'abondance des taxons

L'abondance d'une espèce (ou famille) correspond au nombre d'individus de la même espèce par unité de surface.

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

$$\text{Soit, Abondance relative d'une espèce} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individus de toutes les espèces}} \times 100 \text{ (2)}$$

3.3.4. La dominance des taxons

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

$$\text{Soit dominance relative d'une espèce} = \frac{\text{Surface terrière de l'espèce}}{\text{Surface terrière totale de toutes les espèces}} \times 100 \quad (3)$$

3.3.5. La diversité des taxons

Elle se traduit par le nombre d'espèces au sein d'une famille sur le nombre total d'espèces, multiplié par 100.

$$\text{Soit, Diversité relative d'une espèce} = \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100 \quad (4)$$

3.3.6. La surface terrière

La surface terrière d'un arbre est la superficie occupée par le tronc, mesuré sur l'écorce à 1,30m du sol. Elle s'exprime en m²/ha.

La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus de cette espèce et ramener les résultats à l'hectare.

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

$$\text{Surface terrière} = N \times \Pi \times \frac{D^2}{4} \quad (5)$$

Où D = D₁₃₀ moyen, N = nombre de troncs (nombre total de troncs par ha) et $\Pi = 3,14$

3.3.7. La hauteur dominante des arbres

Elle est mesurée à partir du relascope de Bitterlich.

3.4. Analyses d'ordination et de classification

Afin de mettre en évidence les principaux groupements floristiques, on effectue généralement une analyse des correspondances (CA, Correspondence Analysis ou DCA, Detrended Correspondence Analysis), parfois encore appelée Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Sans entrer dans les détails de la méthode (cf. LEGENDRE & LEGENDRE 1998 in Senterre, 2005), on peut souligner le fait qu'elle est encore à ce jour la principale méthode d'analyse indirecte de gradient, c'est-à-dire la méthode d'analyse de la variance d'un lot de données floristiques (tableau relevés/espèces, contenant typiquement de nombreux zéros) correspondant à des relevés placés le long d'un gradient environnemental qu'on ignore dans un premier temps. Elle permet d'ordonner les données floristiques sans émettre de considérations écologiques.

L'idée de base qui vient de la phytosociologie est de considérer que chaque groupe de relevés peut être caractérisé par un groupe d'espèces différentielles, qui sont des espèces plus présentes d'un côté d'une dichotomie que de l'autre (N'shimba, 2005).

Dans le souci de dégager les ressemblances et les dissemblances, on a procédé à des ordinations.

L'ordination est le terme collectif pour les techniques multivariées qui arrangent les sites le long d'axes sur base de données de la composition spécifique. Le résultat en deux dimensions (2 axes) est un diagramme où les sites sont représentés par des points. Le but de l'ordination est d'arranger ces points de façon à ce que des points qui sont proches l'un de l'autre correspondent à des sites qui ont une composition similaire et que les points éloignés correspondent à des sites à composition floristique différente (Jongman & al. 1995).

3.5. Les indices de diversité

Les différents indices de diversité actuellement utilisés permettent d'étudier la structure des peuplements en faisant référence ou non à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité du peuplement. Toutefois, leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il masque une grande partie d'information (Jacques & Christian, 2003 cités par

Nshimba, 2008). Il y' en a beaucoup mais un seul a fait l'objet de notre étude à savoir : Indice de Shannon-Weaver.

3.5. a. Indice de Shannon-Weaver

L'indice de diversité de Shannon-Weaver mesure la quantité moyenne d'informations données par l'indication de l'espèce d'un individu de la collection. Cette moyenne est calculée à partir des proportions d'espèces qu'on a recensées (Nshimba, 2008).

$$H = -\sum_{i=1}^s f_i \cdot \log_2 f_i \quad (10)$$

$$f_i = \frac{n_i}{N} \quad (11) \quad \text{avec } n_i \text{ compris entre 0 et } N$$

f_i est compris entre 0 et 1

N : effectif total, n_i : effectif de l'espèce dans l'échantillon, S : nombre total d'espèces dans l'échantillon. Cet indice de diversité de Shannon a été calculé directement sur le logiciel R.

3.5. b. Indice de similarité

Le grand type d'analyse multivariée, permettant de mettre en évidence des groupements végétaux, consiste en un calcul d'indice de similarité (ou de distance) entre relevés. Les différents indices existants sont basés sur les espèces constitutives des relevés comparés et sont donc qualifiés d'indices de similarité ou de distance floristique (Senterre, 2005).

Il s'agit des coefficients de similarité de Morisita et de Jaccard entre différentes strates et entre les relevés d'une strate quelconque dont il est question dans ce travail. Ces coefficients sont utilisés dans les travaux de phytosociologie et permettent d'exprimer l'existence d'une communauté entre deux formations végétales comparées entre-elles. Un indice plus petit indique moins de similarité dans la composition des espèces entre les différents habitats. Les valeurs trouvées sont consignées dans les tableaux 12.

Le logiciel PAST nous a servi pour pouvoir calculer directement ces indices de similarité.

3.6. Les tests statistiques

Dans une étude comparative, il est important avant de prendre une position de recourir aux tests statistiques.

- Les tests permettent toujours de mettre en évidence des différences (= rejeter l'hypothèse nulle) ; ils ne permettent jamais de prouver des égalités.
- Quel risque peut-on raisonnablement prendre au moment de conclure ?
- Dans le domaine de la biologie, il est devenu conventionnel de prendre des risques d'erreur α de 5 % maximum (ou $\alpha = 0.05$, avec les conventions de langage suivantes : si on compare deux séries de données, on dira que leur différence est
 - non significative si le risque d'erreur est supérieur à 0,05 (on écrit " $p > 0,05$ ")
 - significative si le risque d'erreur est inférieur à 0,05 (ou 5 %), (on écrit " $p < 0,05$ ")
 - très significative si le risque d'erreur est inférieur à 0,01 (ou 1 %), (on écrit " $p < 0,01$ ")
 - très hautement significative si le risque d'erreur est inférieur à 0,001 (ou 0,1 %), (on écrit " $p < 0,001$ ")
- Répétons que les tests ne permettent jamais de mettre des égalités en évidence.
- La décision de considérer qu'il n'y a pas de différence entre deux résultats reposera donc sur l'impossibilité de pouvoir prouver une différence par le test le plus approprié.

Les tests statistiques sont donc des outils d'aide à la décision. Cependant, ces tests ne proposent aucune interprétation des résultats. Ils laissent au chercheur les soins d'argumenter sa décision tout en rappelant les 2 risques d'erreur possibles :

- si un risque d'erreur est $> 0,05$, on conclut que la différence entre 2 séries de mesure n'est pas significative.
- si le test indique un risque d'erreur $< 0,05$, on conclut à une différence significative entre les 2 séries de mesure.
- Le principal test statistique réalisé dans ce travail est celui de STUDENT appliqué dans le logiciel R.

3.6.1. Test t de Student pour données indépendantes

Ce test sert à comparer les moyennes de deux séries de données indépendantes.

Les données (intervalles ou ordinales) des deux séries doivent être indépendantes (chaque mesure provient d'un individu différent) et avoir une distribution normale (test de normalité préalable). Les variances des deux séries ne doivent pas être différentes (test F préalable), toutefois, il existe des variantes qui permettent d'appliquer le test t à des séries dont les variances sont différentes (Siegel & Castellan 2007 in N'shimba, 2008).

- Pour calculer la formule classique du t de Student (c'est-à-dire pour des données indépendantes), il faut calculer les moyennes de chaque série et la variance commune des deux séries réunies ; ensuite on calcule t :

- $$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}}$$

- Avec
- \bar{X}_1 et \bar{X}_2 les moyennes arithmétiques des deux séries
- s_p^2 la variance commune des deux séries
- n_1 et n_2 les nombres de données dans les deux séries
- Et on compare le t obtenu à la table des valeurs critiques de la distribution de t . On comprendra aisément d'après la formule que, plus la différence est grande entre les deux séries, plus le t sera grand et plus la probabilité p (de se tromper en affirmant que les deux moyennes sont différentes) sera faible.

CHAPITRE QUATRIEME : RESULTATS

4.1. Généralités.

Dans ce chapitre, nous allons donner les résultats de l'inventaire des arbres à $dbh \geq 10\text{cm}$ sur une superficie de 4 ha dont l'unité d'échantillonnage (relevé) est de 2500m^2 , de même pour la strate arbustive. Tandis que pour la strate sous arbustive et la strate herbacée, leurs résultats de l'inventaire sont donnés partant d'une unité d'échantillonnage (sous relevé) de 500m^2 .

Les listes intégrales de toutes les espèces et familles recensées dans toutes les strates sont reprises dans les annexes de ce travail.

Les données des résultats des inventaires donnent les informations sur les dix premières espèces et familles qui abondent et dominent les différentes strates. Le regroupement des familles s'est fait selon Lebrun(1954).

4.1.1. STRATE ARBORESCENTE

4.1.1. A. Résultats obtenus des espèces ligneuses à $dbh \geq 10\text{cm}$ sur une superficie de 4 ha.

Après analyse de nos données, nous avons obtenu au total 1934 individus dont 148 espèces, 106 genres et 32 familles.

Concernant le nombre d'individus obtenus par relevé nous avons ce qui suit : Relevé 1 :111 individus ; Relevé 2 :118 individus ; Relevé 3 :122 individus ; Relevé 4 :137 individus ; Relevé 5 :120 individus ; Relevé 6 : 147 individus ; Relevé 7 : 112 individus ; Relevé 8 :109 individus ; Relevé 9 :125 individus ; Relevé 10 : 122 individus ; Relevé 11 :134 individus ; Relevé 12 : 141 individus ; Relevé 13 :115 individus ; Relevé 14 : 119 individus ; Relevé 15 : 100 individus et enfin Relevé 16 : 102 individus. Ce qui fait au total 1934 individus.

4.1.1. B. Fréquence Relative

La figure 4 nous donne les fréquences relatives spécifiques de dix premières espèces. Il est à noter que, la fréquence relative spécifique la plus élevée est observée chez cinq espèces (2,1 % chacune) à savoir : *Aidia micrantha*, *Cola griseiflora*, *Cynometra hankei*, *Scorodophloeus zenkeri* et *Staudtia kamerounensis* ce qui veut dire que ces espèces sont présentes dans tous les 16 relevés. Elles sont suivies de huit espèces qui ont chacune une fréquence relative 2,0% dont cinq espèces avaient été citées suite à l'arrangement de dix premières espèces demandées : *Anonidium mammii*, *Drypetes sp*, *Guarea thompsonii*, *Microdesmis yafungana* et *Pancovia harmsiana* qui sont présentes dans 15 relevés. Les autres espèces représentent 79,4%.

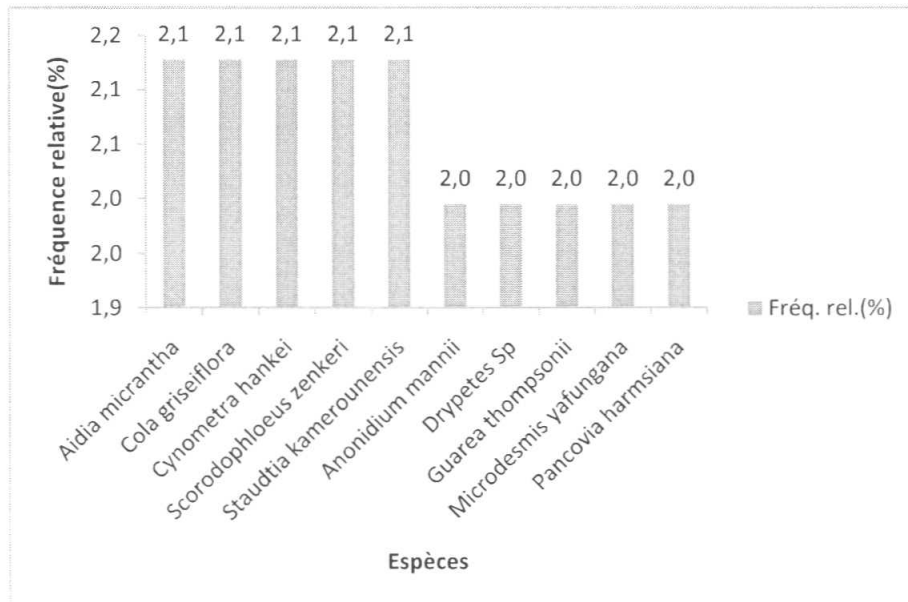


Figure 4 : Fréquence relative des espèces de la strate arborescente à dbh \geq 10cm dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* de Yoko (sur 4 ha)

4.1.1. C. Abondance des taxons.

La figure 5 nous montre que *Scorodophloeus zenkeri* est l'espèce la plus abondante dans cette strate avec 9,0% ; elle est suivie de *Microdesmis yafungana* (5,8%), *Polyalthia suaveolens* (5,3%) ; *Aidia micrantha* et *Cola griseiflora* (4,3% chacune), *Petersianthus macrocarpus* (3,9%), *Panda oleosa* et *Staudtia kamerounensis* (3,1% chacune), *Guarea thompsonii* (2,9%) et *Drypetes sp.* (2,4%), les autres espèces représentent 55,7% soit 1078 individus sur le total de 1934 individus.

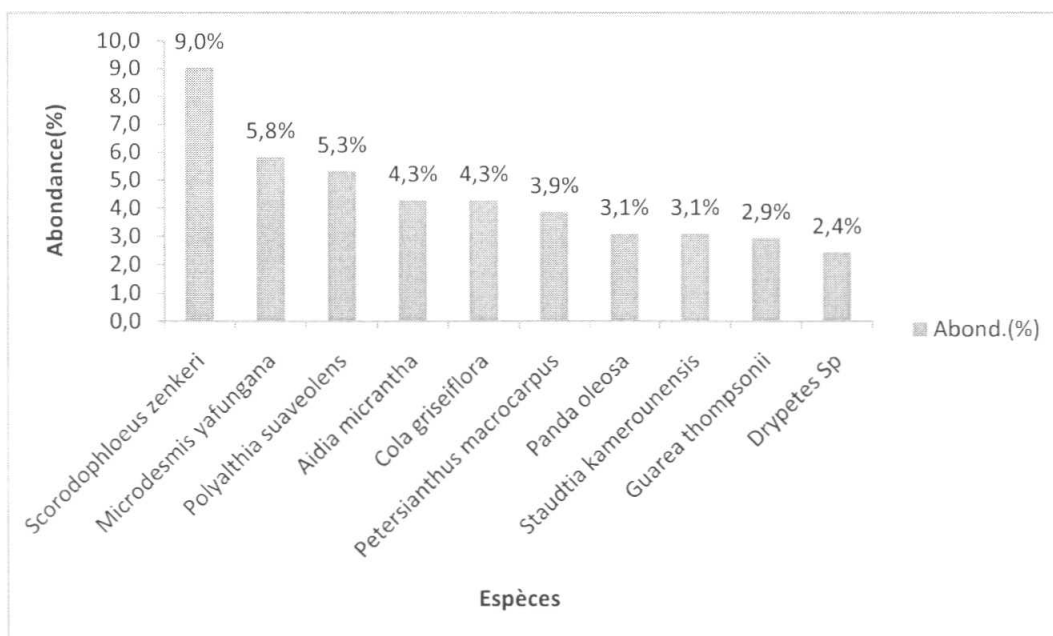


Figure 5 : Abondance relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$ dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* de Yoko (sur 4 ha)

4.1.1. D. Dominance des taxons.

Concernant la dominance des espèces, la figure 6 nous montre que *Scorodophloeus zenkeri* est l'espèce qui domine avec 22,3 % de recouvrement ; elle est suivie de *Cynometra hankei* (8,7%) ; *Polyalthia suaveolens* (5,8%) ; *Celtis mildbraedii* (3,9%) ; *Anonidium marnii* (3,7%) ; *Petersianthus macrocarpus* (3,5%) ; *Prioria oxyphylla* (3,4%) ; *Julbernardia seretii* (3,1%) ; *Guarea thompsonii* (2,4%) et *Microdesmis yafungana* (2,2%) et les autres espèces représentent 40,8% de recouvrement soit une superficie de 53,9 m²/ha sur le total de 132,1 m²/ha.

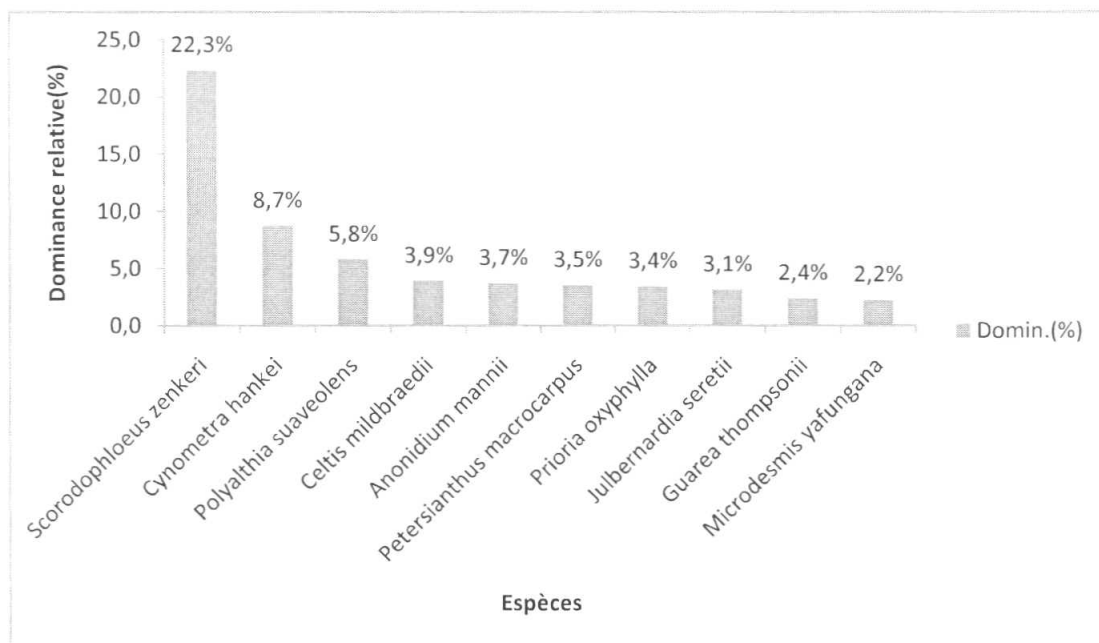


Figure 6 : Dominance relative des espèces de la strate arborescente à dbh ≥ 10 cm dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* de Yoko (sur 4 ha)

4.1.1. E. Diversité des taxons.

L'étude de la diversité floristique relative varie de 0,7 à 14,2%(voir annexe 10).

La figure 7 nous montre que la famille des Césalpiniacées est beaucoup plus diversifiée (14,2%) par rapport aux autres familles ; elle est suivie de la famille des Méliacées (8,8%) ; la famille des Euphorbiacées (6,8%) ; la famille des Sapotacées (6,1%) ; la famille des Clusiacées et celle des Rubiacées (5,4 % chacune) ; la famille des Mimosacées, des Moracées et des Olacacées (4,7% chacune), la famille des Annonacées (4,1%) et les autres familles représentent un taux de diversité de 35,1% donc 52 espèces sur le total de 148 espèces.

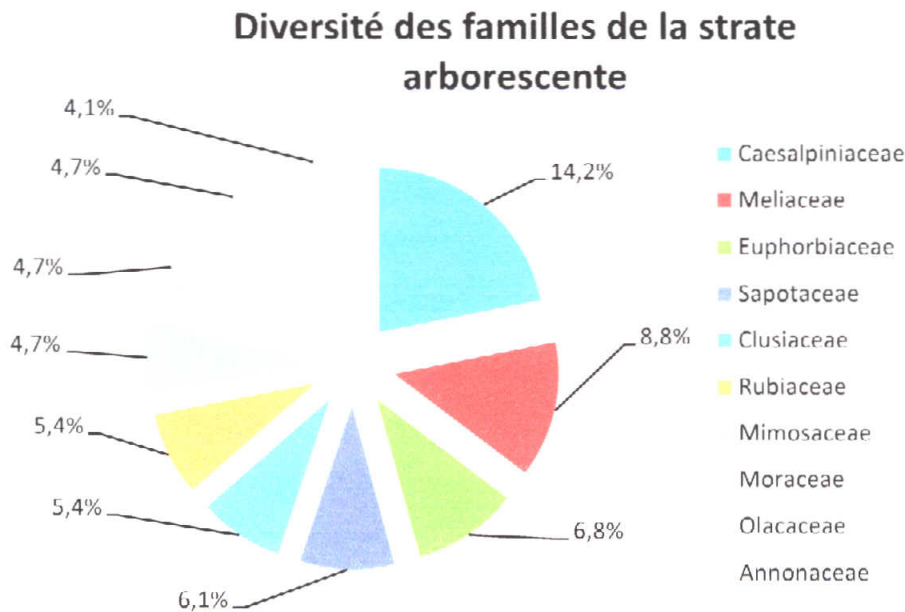


Figure 7 : Diversité relative des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10cm$

4.1.1. F. Surface terrière

C'est la surface occupée par les troncs mesurés sur l'écorce à hauteur de la poitrine (soit à 1,30 m du sol) et s'exprime en m²/ha. Les valeurs de celle-ci ont été calculées pour tous les 16 relevés (placettes) et sont reprises dans le tableau 2.

La surface terrière moyenne est de 8,25 m²/1/4ha ; quand elle est ramenée à l'hectare elle donne 33,02 m²/ha dont le D₁₃₀ moyen par relevé est de 23,91 cm. Le nombre d'espèces moyen est de 47 pendant que le nombre de pieds moyen ramené à hectare est de 483,5 pieds.

Tableau 2 : Valeurs de D₁₃₀ moyen, de la surface terrière, du nombre de pieds par relevé et par hectare et le nombre d'espèces pour la strate arborescente.

Relevés	S.cum (ha)	Dbh moy.(cm)	ST (m ² /1/4ha)	ST (m ² /ha)	Troncs/1/4ha	Troncs/ha	Sps	Sps cum.
R1	0,25	23,96	7,15	28,59	111	444	39	39
R2	0,5	22,99	7,01	28,03	118	472	44	60
R3	0,75	24,64	8,78	35,13	122	488	44	75
R4	1	24,16	9,25	36,98	137	548	50	87
R5	1,25	22,08	6,60	26,39	120	480	42	95
R6	1,5	23,34	9,48	37,93	147	588	52	105
R7	1,75	21,72	8,24	32,94	112	448	44	113
R8	2	23,77	8,44	33,76	109	436	47	117
R9	2,25	24,34	8,70	34,81	125	500	52	126
R10	2,5	22,66	7,24	28,95	122	488	40	130
R11	2,75	23,91	9,25	37,01	134	536	53	133
R12	3	21,63	7,41	29,65	141	564	59	135
R13	3,25	26,57	9,89	39,56	115	460	53	138
R14	3,5	24,29	7,60	30,39	119	476	41	140
R15	3,75	24,89	7,85	31,38	100	400	42	144
R16	4	27,60	9,20	36,79	102	408	50	148
Moy.		23,91	8,25	33,02	120,88	483,5	47	
Ecart-t.		1,61	1,01	4,06	13,41	53,62	5,83	
C.V.		6,72	12,28	12,28	11,09	11,09	12,41	

4.1.1. G. Richesse aréale

La richesse aréale indique le nombre d'espèces par unité de surface. Pour cette forêt à *Scorodophloeus zenkeri* de Yoko (sur 4 ha), et dans la catégorie d'arbres à $D_{130} \geq 10$ cm, elle a été de 148 espèces (soit 16 relevés de $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$).

4.1.1. H. Courbe aire espèces

L'étude des courbes d'accumulation d'espèces à effort d'échantillonnage croissant ont fait l'objet de très nombreuses publications théoriques et appliquées dont Triantis & al. (2003) donnent une bonne synthèse.

Cette courbe montre l'augmentation du nombre d'espèces en fonction de la surface croissante. Partant des données du tableau 2, la courbe aire- espèces a été établie (figure 8).

Avec un coefficient de corrélation égal à 0,997, cette courbe est régulière et elle montre l'allure de l'augmentation du nombre d'espèces en fonction de l'augmentation de la surface.

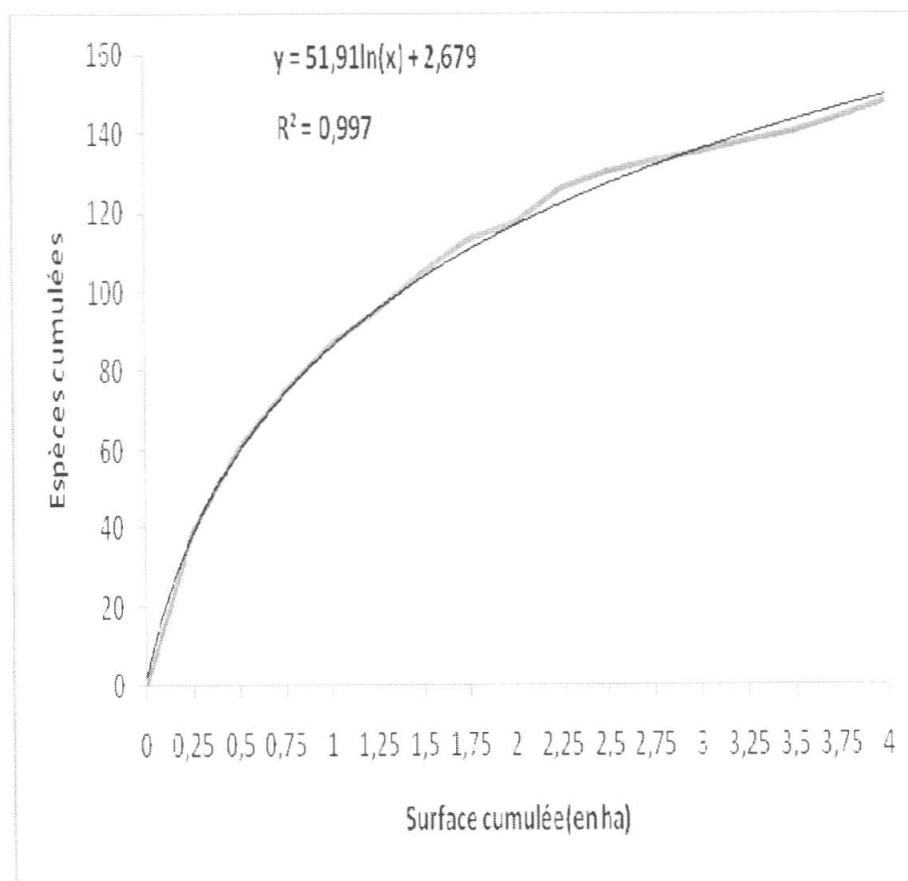


Figure 8 : La courbe aire-espèces de la strate arborescente.

4.1.1. I. Répartition des essences par classes de diamètres.

Dans la forêt d'étude, 10 classes diamétriques y sont identifiées (voir tableau 3). Les individus de diamètres allant de 10-19 cm représentent plus de la moitié d'individus recensés (soit 60,03%). Ils sont suivis par la deuxième classe avec 16,91 %. Cinq individus seulement ont atteint un dbh d'une fourchette d'intervalle allant de 100 à 110 cm soit 0,26%. Ceci montre que dans la forêt étudiée, les arbres ont en général des dbh assez réduits.

Tableau 3 : Répartition des individus par classes de diamètres des espèces de la strate arborescente à $dbh \geq 10\text{cm}$ (sur 4 ha)

Classes	Nombre d'individus	Pourcentage
10 - 19	1161	60,03
20 - 29	327	16,91
30 - 39	165	8,53
40 - 49	98	5,07
50 - 59	67	3,46
60 - 69	57	2,95
70 - 79	29	1,50
80 - 89	19	0,98
90 - 99	6	0,31
100 - 110	5	0,26
Total: 10 classes		

Suivant ce graphique (figure 9) ayant trait sur les classes de diamètres, nous avons 1161 individus pourvus des diamètres allant de 10cm à 19cm puis 327 individus ayant des diamètres allant de 20cm à 29cm ; 165 individus avec des diamètres allant de 30cm à 39cm ; 98 individus ayant des diamètres allant de 40cm à 49cm ; 67 individus des diamètres allant de 50cm à 59cm ; 57 individus des diamètres allant de 60cm à 69cm ; 29 individus ayant des diamètres allant de 70 cm à 79 cm ; 19 individus de la classe 8 ; 6 individus de la classe 9 ; enfin 5 individus de la classe 10. Cette figure montre que le grand nombre des arbres à $dbh \geq 10\text{cm}$ n'a pas encore atteint 60 cm de diamètres (l'âge d'exploitation) ce qui prouve à suffisance que la forêt de la zone étudiée est en régénération ; c'est une forêt naturelle en équilibre (une forêt vieille).

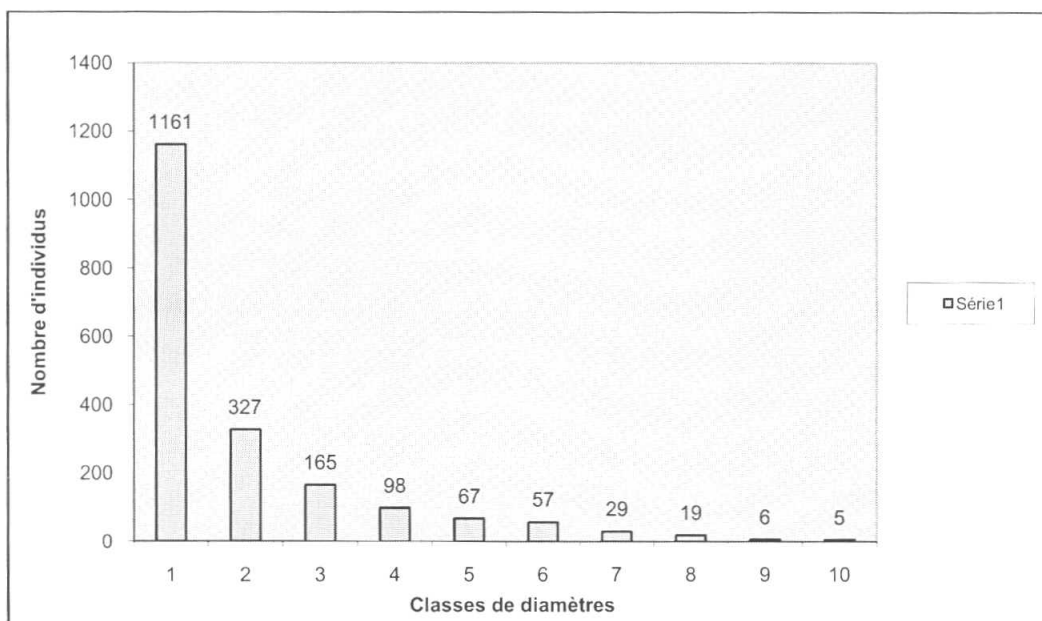


Figure 9 : Répartition des individus par classes de diamètres des espèces ligneuses à $dbh \geq 10cm$ (sur 4 ha)

Le figure 10 ayant trait sur les classes de diamètres de *Scorodophloeus zenkeri* à $dbh \geq 10cm$ sur une superficie de 4 ha nous donne 9 classes de diamètres et donnant au total 175 pieds de *Scorodophloeus zenkeri* dont 45 pieds pourvus des diamètres allant de 10cm à 19cm, 22 pieds de la classe 2, 31 pieds de la classe 3, 17 pieds de la classe 4, 17 pieds de la classe 5, 21 pieds de la classe 6, 13 pieds de la classe 7, 7 pieds de la classe 8 et 2 pieds de la classe 9.

Il ressort de cette figure que la casse 1 contient un nombre élevé des pieds de *Scorodophloeus zenkeri* (45 pieds) et le nombre le plus bas s'observe dans la classe 9 (2 pieds).

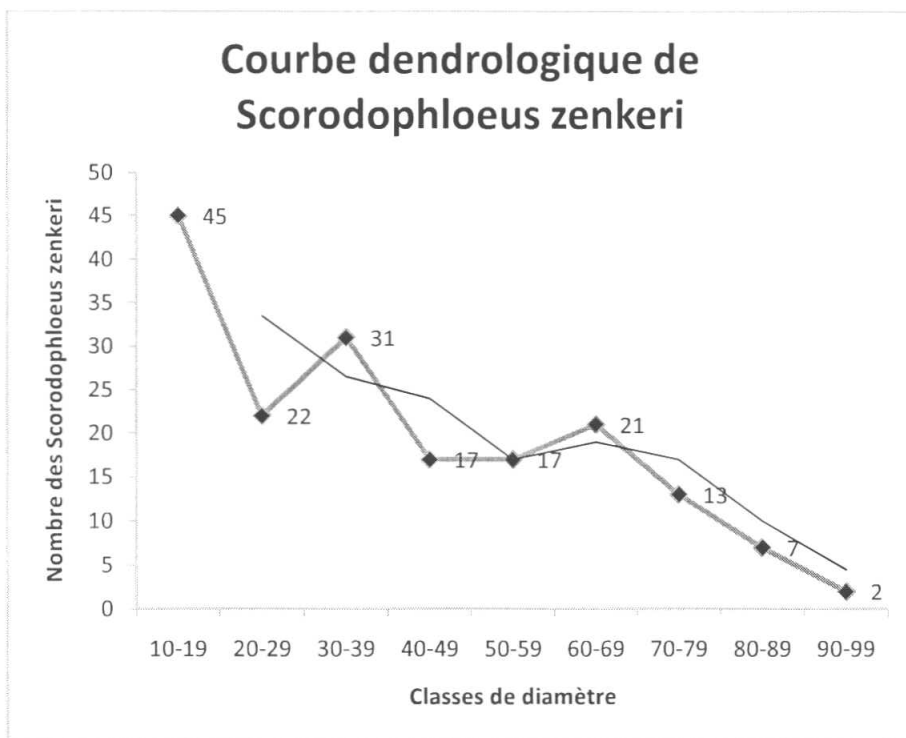


Figure 10: Courbe dendrologique de Scorodophloeus zenkeri à dbh \geq 10cm (sur 4ha)

4.1.1. J. Résultats sur l'Analyse Factorielle de Correspondance (A.F.C.)

Après analyse des données floristiques en rapport avec l'Analyse Factorielle des Correspondances, les résultats de la figure 11 nous montrent que du point de vue association, les relevés R21, R22, R23 ; R24 : R42 ; R62 et R63 sont regroupés ensemble donc associés, ce que les espèces qui se trouvent dans l'un des relevés se retrouvent dans d'autres relevés. De même, les relevés R41, R44, R61 et R64 sont associés ce que les espèces qui se trouvent dans l'un des relevés peuvent se retrouver dans d'autres relevés. Mêmement les relevés R81 et R82 sont associés.

Tandis que les relevés R43 ; R83 et R84 sont isolés, ce qui veut dire que les espèces qui se trouvent dans l'un des relevés ne se retrouvent pas assez dans d'autres relevés.

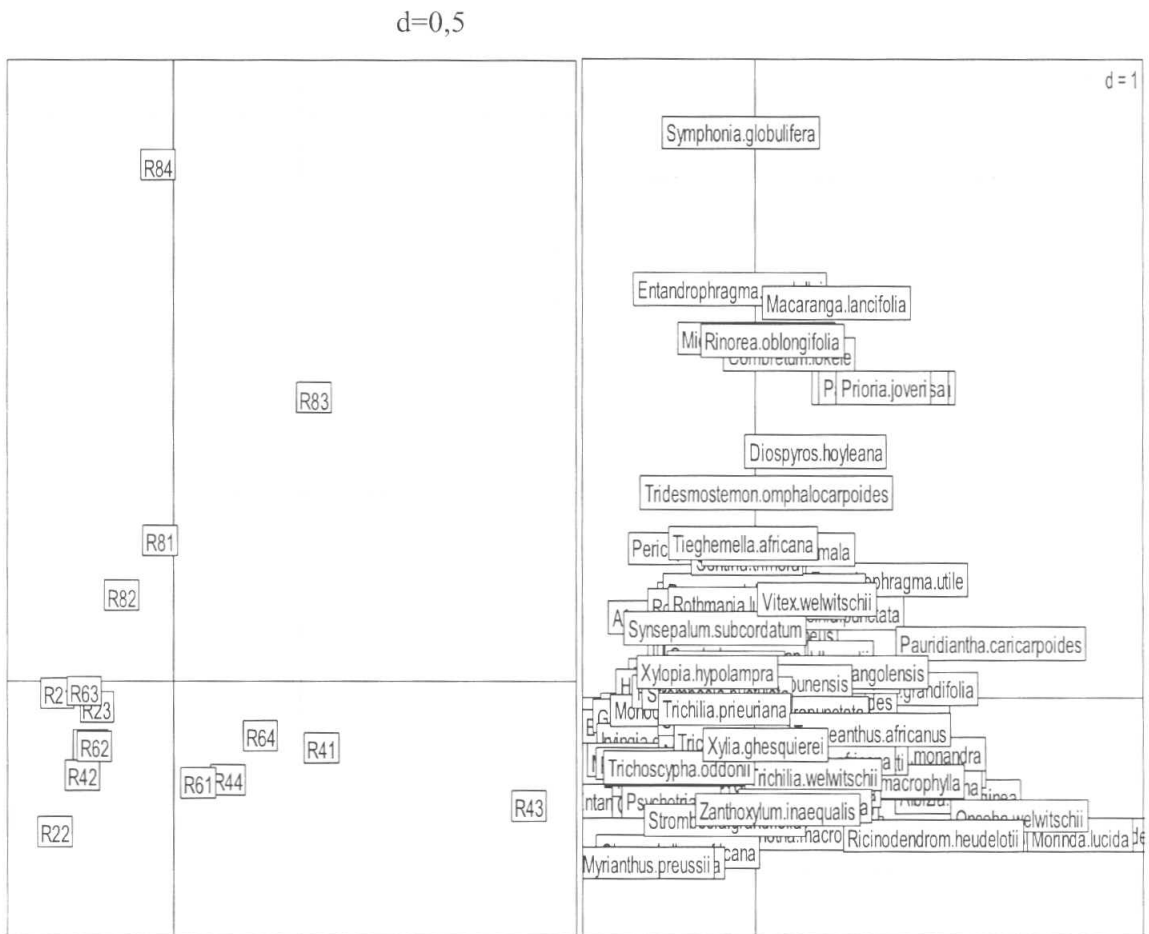


Figure 11 : Schéma de l'A.F.C.

4.1.1. K. Taux des émergents, dominants et dominés.

En tenant compte de la hauteur des arbres par placeau et suivant les subdivisions de cette strate arborescente eu égard de leurs statuts phytosociologiques (émergents, dominants et dominés), le tableau 4 nous montre que le placeau 2 a donné un taux de 68% pour les dominés, 31,8% pour les dominants et 0,2% pour les émergents. Le placeau 4 a donné un taux de 81,8% pour les dominés, 17,4% pour les dominants et 0,8% pour les émergents. Le placeau 6 donne 76,8% des dominés, 22,4% des dominants et 0,8% des émergents et enfin le placeau 8 nous a donné 69% des dominés, 30,5% des dominants et 0,5% des émergents. En général, les dominés représentent un taux beaucoup plus élevé que les dominants ; ensuite les émergents représentent un taux plus bas que les dominés et les dominants.

Tableau4 : Proportion des émergents, dominants et dominés par plateau

Statut	Placeau2(%)	Placeau4(%)	Placeau6(%)	Placeau8(%)
E	0,2	0,8	0,8	0,5
D	31,8	17,4	22,4	30,5
Dé	68,0	81,8	76,8	69,0

Légende : E= émergent ; D= dominant ; Dé= dominé..

4.1.1. L. Représentativité des familles d'arbres.

Le tableau 5 nous montre qu'en terme d'abondance, dans les dominés, les Méliacées (13%), Pandacées(12,3%), Césalpiniacées(12,1%), Myristicacées(7,9%), Rubiacées(6,9%), Sterculiacées(6,5%), Euphorbiacées(6,1%), Olacacées(5,9%), Annonacées(4,8%) et Lecythidacées(3,9%) sont mieux représentées par rapport autres familles (voir annexe 17). Puis, les Césalpiniacées(42,2%), Annonacées(17,3%), Euphorbiacées(6,3%), Méliacées(5,1%), Olacacées et Ulmacées(4,3%chacune), Mimosacées(3,7%), Lecythidacées(3,5%), Pandacées (2,4%)et Fabacées(1,4%) sont mieux représentées chez les dominants par rapport aux autres familles(voir annexe 17).

Tableau 5 : Représentativité des familles d'arbres dominants et dominés.

Familles	Effectif des Dominés	Taux(%)	Familles	Effectif des Dominants	Taux(%)
<i>Meliaceae</i>	186	13,0	<i>Caesalpiniaceae</i>	207	42,2
<i>Pandaceae</i>	176	12,3	<i>Annonaceae</i>	85	17,3
<i>Caesalpiniaceae</i>	173	12,1	<i>Euphorbiaceae</i>	31	6,3
<i>Myristicaceae</i>	113	7,9	<i>Meliaceae</i>	25	5,1
<i>Rubiaceae</i>	99	6,9	<i>Olacaceae</i>	21	4,3
<i>Sterculiaceae</i>	93	6,5	<i>Ulmaceae</i>	21	4,3
<i>Euphorbiaceae</i>	88	6,1	<i>Mimosaceae</i>	18	3,7
<i>Olacaceae</i>	85	5,9	<i>Lecythidaceae</i>	17	3,5
<i>Annonaceae</i>	69	4,8	<i>Pandaceae</i>	12	2,4
<i>Lecythidaceae</i>	56	3,9	<i>Fabaceae</i>	7	1,4

Le tableau 6 nous montre que parmi les émergents, les Annonacées et les Césalpiniciacées sont mieux représentées (27,3%chacune), les Lecythydiacées (18,2%), les Clusiacées, Méliacées et Ulmacées ont chacune 9,1%. Les autres familles ne sont pas représentées (voir annexe 17).

Tableau 6 : Représentativité des familles d'arbres émergents.

Familles	Effectif des Emergents	Taux(%)
<i>Annonaceae</i>	3	27,3
<i>Caesalpinaceae</i>	3	27,3
<i>Lecythydiaceae</i>	2	18,2
<i>Clusiaceae</i>	1	9,1
<i>Meliaceae</i>	1	9,1
<i>Ulmaceae</i>	1	9,1
<i>Anacardiaceae</i>	0	0,0
<i>Apocynaceae</i>	0	0,0
<i>Burseraceae</i>	0	0,0
<i>Combretaceae</i>	0	0,0

4.1.1. M. Analyse interstrate

La surface terrière totale obtenue dans l'ensemble de deux strates pour les quatre hectares est de 132,07 m²/ha. Le tableau 7 nous montre qu'elle a été calculée séparément pour l'ensemble de 16 parcelles dans les deux strates (dominée et dominante) à savoir 95,31 m²/ha pour la strate des arbres dominants et 36,76 m²/ha pour la strate des arbres dominés. Ce tableau nous donne aussi les valeurs du nombre d'individus pour les deux strates dont 501 individus pour la strate des arbres dominants et 1433 individus pour la strate des arbres dominés.

Ceci nous montre que la strate des arbres dominants est pourvue d'un faible nombre d'individus avec un recouvrement élevé tandis que la strate des arbres dominés est pourvue d'un grand nombre d'individus avec un recouvrement faible.

Tableau 7: Valeurs de la surface terrière (m²/ha), du nombre d'espèces et du nombre d'individus à dbh≥10cm entre la strate dominante et la strate dominée dans la forêt à *Scorodophloeus zenkeri* (sur 4ha).

Relevés	STRATE DOMINANTE			STRATE DOMINEE		
	ST (m ² /ha)	Nbre espèces	Nbre indiv.	ST (m ² /ha)	Nbre espèces	Nbre indiv.
R1	4,50	15	28	2,65	35	83
R2	5,15	16	37	1,86	33	81
R3	6,61	20	38	2,17	35	84
R4	7,20	26	53	2,04	38	84
R5	3,84	9	17	2,76	39	103
R6	6,42	11	30	3,07	48	117
R7	5,93	12	16	2,31	38	96
R8	6,66	16	26	1,78	37	83
R9	6,03	19	29	2,67	43	96
R10	4,89	9	29	2,35	36	93
R11	6,89	17	34	2,36	45	100
R12	4,88	17	29	2,53	53	112
R13	7,64	18	38	2,25	44	77
R14	5,21	21	39	2,38	33	80
R15	6,45	14	28	1,40	35	72
R16	7,01	19	30	2,18	41	72
Tot général	95,31		501	36,76		1433

4.1.2. STRATE ARBUSTIVE

Après analyse quantitative de ces données, nous avons obtenu au total 9196 individus répartis en 112 espèces, 91 genres ayant 31 familles.

Concernant le nombre d'individus obtenus par relevé nous avons ce qui suit : Relevé 1 :820 individus ; Relevé 2 :726 individus ; Relevé 3 :627 individus ; Relevé 4 :664 individus ; Relevé 5 :290 individus ; Relevé 6 : 557 individus ; Relevé 7 : 367 individus ; Relevé 8 :754 individus ; Relevé 9 :619 individus ; Relevé 10 : 766 individus ; Relevé 11 :542 individus ; Relevé 12 : 384 individus ; Relevé 13 :525 individus ; Relevé 14 : 468 individus ;

Relevé 15 : 628 individus et enfin Relevé 16 : 459 individus. Ce qui fait au total 9196 individus.

4.1.2. A. Fréquence relative

Le tableau 8 nous montre que toutes les dix premières espèces sont présentes dans tous les seize relevés avec une fréquence de 2,1% chacune à savoir : *Aidia micrantha*, *Cola griseiflora*, *Cola sp*, *Dialium corbisieri*, *Guarea thompsonii*, *Microdesmis yafungana*, *Pancovia harmsiana*, *Petersianthus macrocarpus*, *Pseudospondias longifolia* et *Scaphopetalum thonneri*.

Tableau 8 : Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate arbustive

Espèces	Nbre apparition	Fréq.rel.(%)
<i>Aidia micrantha</i>	16	2,1
<i>Cola griseiflora</i>	16	2,1
<i>Cola Sp</i>	16	2,1
<i>Dialium corbisieri</i>	16	2,1
<i>Guarea thompsonii</i>	16	2,1
<i>Microdesmis yafungana</i>	16	2,1
<i>Pancovia harmsiana</i>	16	2,1
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	16	2,1
<i>Pseudospondias longifolia</i>	16	2,1
<i>Scaphopetalum thonneri</i>	16	2,1

4.1.2. B. Abondance des taxons

En général, sur 9196 individus que compte cette strate, il y a 4199 individus (arbres) en régénération avec une abondance relative de 45,7%, 554 individus (arbres-arbustes) en régénération d'une abondance relative de 6% avec un total de 4753 individus en régénération d'une abondance relative de 51,7% et 4443 individus sont des arbustes typiques de cette strate pourvus d'une abondance relative de 48,3%. Ce qui montre qu'il ya plus d'individus en régénération que les individus typiques de cette strate.

Le tableau 9 nous montre que *Scaphopetalum thonneri* est l'espèce la plus abondante dans cette strate arbustive avec 40,1% ; elle est suivie de *Microdesmis yafungana* (7,2%) ; *Cola griseiflora* (6,5%) ; *Guarea thompsonii* (4,1%) ; *Pancovia harmsiana* (3,7%) ; *Aidia*

micrantha (3,6%) ; *Turraeanthus africanus* (2,4%) ; *Tabernaemontana crassa* (2,2%) ; *Staudtia kamerounensis* et *Dialium corbisieri* (2,1% chacune). Les autres espèces représentent 26,1% soit 2404 individus sur 9196 individus que compte cette strate arbustive.

Tableau 9 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate arbustive

Espèces	Types	Effectif individus	Abond.rel.(%)
<i>Scaphopetalum thonneri</i>	Arbuste	3687	40,1
<i>Microdesmis yafungana</i>	Arbuste	661	7,2
<i>Cola griseiflora</i>	Arbre/R	595	6,5
<i>Guarea thompsonii</i>	Arbre/R	375	4,1
<i>Pancovia harmsiana</i>	Arbre/R	336	3,7
<i>Aidia micrantha</i>	Arbre-arbuste/R	327	3,6
<i>Turraeanthus africanus</i>	Arbre/R	224	2,4
<i>Tabernaemontana crassa</i>	Arbre/R	201	2,2
<i>Staudtia kamerounensis</i>	Arbre/R	194	2,1
<i>Dialium corbisieri</i>	Arbre/R	192	2,1
Les autres espèces		2404	26,1

4.1.2. C. Abondance des arbustes typiques

Sur 112 espèces inventoriées dans la strate arbustive, 10 espèces seulement sont typiques pour ladite strate. En tenant compte seulement des espèces arbustives, leurs abondances sont réparties dans la figure 12.

Cette figure nous montre que *Scaphopetalum thonneri* est l'espèce la plus abondante (83%), suivie de *Microdesmis yafungana* (14,9%), *Rothmania sp* et *Myrianthus preussii* (0,5% chacune), *Chytranthus carneus* (0,4%), *Pauridiantha caricarpoides* (0,3%), *Massularia acuminata* et *Coffea sp* (0,2%chacune), *Psychotria sp* et *Thomandersia hemsii* (0,0% chacune).

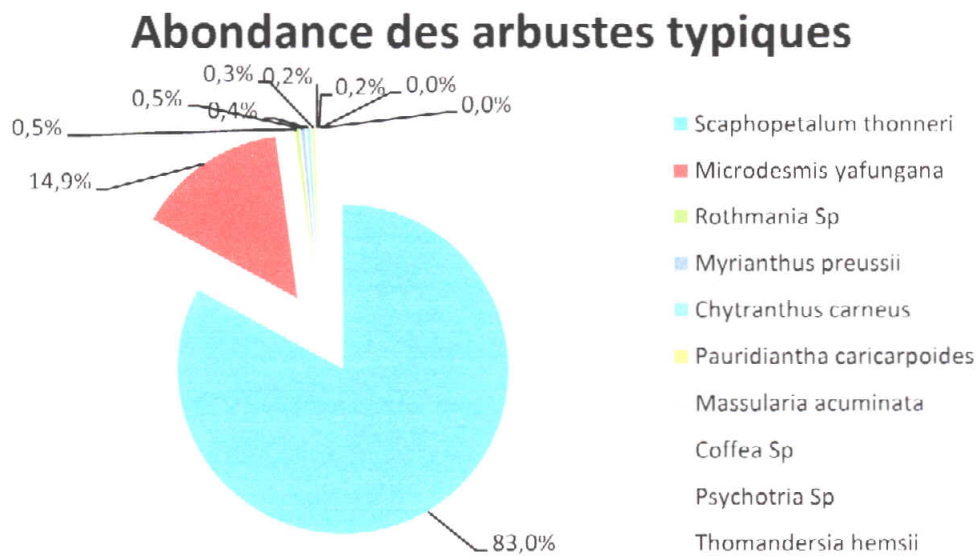


Figure 12 : Abondance des arbustes typiques dans la strate arbustive.

4.1.2. D. Diversité des taxons

La figure 13 nous montre que la famille des Sterculiacées occupe la première position avec un taux de diversité de 9,8% puis celle des Rubiacées (8,9%); puis les Méliacées (8%) ; les Césalpiniacées (7,1%) ; la famille des Euphorbiacées (6,3%) ; la famille des Annonacées, des Flacourtiacées, des Mimosacées, des Moracées et celle des Olacacées (4,5%chacune).

Diversité des familles de la strate arbustive

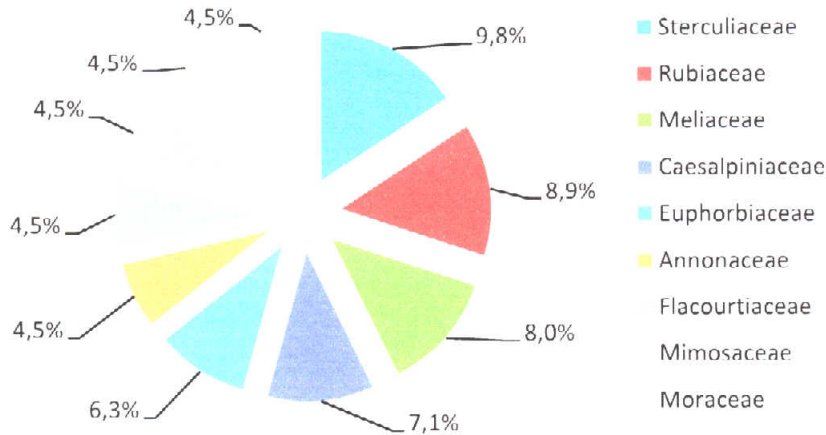


Figure 13 : Diversité de dix premières familles des espèces végétales de la strate arbustive

4.1.3. STRATE SOUS ARBUSTIVE

Après analyse quantitative de ces données nous avons obtenu au total 2956 individus ayant 167 espèces, 116 genres et 37 familles.

Concernant le nombre d'individus obtenus par sous relevé nous avons ce qui suit : Sous Relevé 1 : 230 individus ; Sous Relevé 2 : 176 individus ; Sous Relevé 3 : 240 individus ; Sous Relevé 4 : 165 individus ; Sous Relevé 5 : 182 individus ; Sous Relevé 6 : 237 individus ; Sous Relevé 7 : 68 individus ; Sous Relevé 8 : 70 individus ; Sous Relevé 9 : 208 individus ; Sous Relevé 10 : 176 individus ; Sous Relevé 11 : 221 individus ; Sous Relevé 12 : 191 individus ; Sous Relevé 13 : 236 individus ; Sous Relevé 14 : 197 individus ; Sous Relevé 15 : 161 individus et enfin Sous Relevé 16 : 198 individus. Ce qui fait au total 2956 individus.

4.1.3. A. Fréquence relative

Les résultats du tableau 10 nous montrent que l'espèce *Microdesmis yafungana* est présente dans tous les 16 sous relevés (1,8%) puis *Cola griseiflora*, *Daturicarpa elliptica*, *Scaphopetalum thonneri*, *Scorodophloeus zenkeri* et *Staudtia kamerounensis* (1,7% chacune) sont présentes dans quinze sous relevés et enfin les quatre dernières espèces sont apparues dans quatorze sous relevés (1,6% chacune).

Tableau 10: Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate sous arbustive

Espèces	Nbre. apparition	Fréq. Rel. (%)
<i>Microdesmis yafungana</i>	16	1,8
<i>Cola griseiflora</i>	15	1,7
<i>Daturicarpa elliptica</i>	15	1,7
<i>Scaphopetalum thonneri</i>	15	1,7
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	15	1,7
<i>Staudtia kamerounensis</i>	15	1,7
<i>Anonidium mannii</i>	14	1,6
<i>Blighia welwitschii</i>	14	1,6
<i>Cola congolana</i>	14	1,6
<i>Guarea cedrata</i>	14	1,6

4.1.3. B. Abondance des taxons

En général, sur 2956 individus que compte cette strate sous arbustive, il y'a 1281 individus (arbres) en régénération, 277 individus (arbres-arbustes) en régénération, 1354 individus (arbustes), 8 individus (arbustes qu'on cultive), 1 individu (arbre qu'on cultive), 5 individus (arbres-arbustes qu'on cultive), 27 individus (arbustes-sous arbustes) avec un total de 2953 individus en régénération et 3 individus seulement sont des sous arbustes typiques de cette strate.

Après analyse, les résultats du tableau 11 nous montrent que l'espèce *Scaphopetalum thonneri* est la plus abondante (26%), *Cola congolana* (5,4%), *Scorodophloeus zenkeri* (5,2%), *Penianthus longifolius* (4%), *Blighia welwitschii* (2,6%), *Cola griseiflora* (2,5%), *Microdesmis yafungana* et *Staudtia kamerounensis* (1,9% chacune), *Polyalthia suaveolens* et *Guarea cedrata* (1,8% chacune).

Tableau 11 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate sous arbustive

Espèces	Types	Effectif ind.	Abond.(%)
<i>Scaphopetalum thonneri</i>	Arbuste/R	768	26,0
<i>Cola congolana</i>	Arbuste/R	161	5,4
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	Arbre/R	155	5,2
<i>Penianthus longifolius</i>	Arbuste/R	117	4,0
<i>Blighia welwitschii</i>	Arbre/R	76	2,6
<i>Cola griseiflora</i>	Arbre/R	73	2,5
<i>Microdesmis yafungana</i>	Arbuste/R	56	1,9
<i>Staudtia kamerounensis</i>	Arbre/R	56	1,9
<i>Polyalthia suaveolens</i>	Arbre/R	54	1,8
<i>Guarea cedrata</i>	Arbre/R	52	1,8
<i>Les autres espèces</i>		1388	47,0

4.1.3. C. Diversité des taxons

La figure 14 nous montre que la diversité des Rubiacées est légèrement supérieure (11,4%) à celle des Césalpiniacées (10,2%) puis, les Euphorbiacées (8,4%) ; les Sterculiacées (6,6%), les Méliacées (6%), les Annonacées (4,8%), les Mimosacées (4,2%), les Apocynacées, les Flacourtiacées et les Olacacées (3,6% chacune).

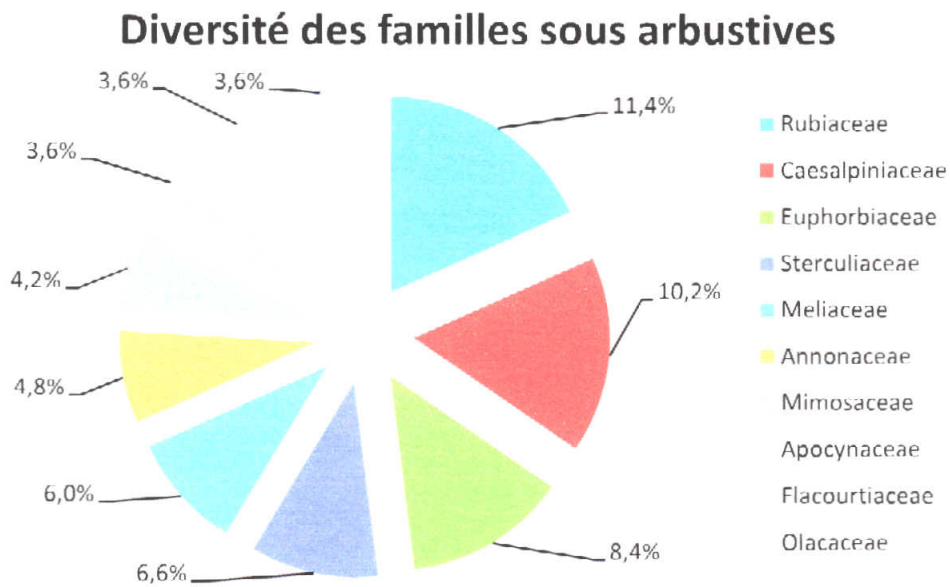


Figure 14: Diversité de dix premières familles des espèces végétales de la strate sous arbustive

4.1.4. STRATE HERBACEE

Après analyse quantitative de ces données nous avons obtenu au total 3544 individus ayant 26 espèces, 17 genres et 9 familles.

4.1.4. A. Fréquence relative

Les résultats du tableau 12 nous montrent que l'espèce *Palisota hirsuta* est présente dans tous les 16 sous relevés (10,3%) puis, *Geophila afzelii* et *Palisota schweinfurthii* sont apparues dans 15 sous relevés (9,6% chacune) puis, *Geophila obvallata*, *Haemanthus cinnabarinus* et *Puelia ciliata* sont apparues dans 14 sous relevés (9% chacune), *Sarcophrynium schweinfurthianum* (7,7%), *Cercestis congensis* (5,1%), *Marantochloa congensis* et *Marantochloa purpurea* (3,8% chacune).

Tableau 12 : Fréquence de dix premières espèces végétales de la strate herbacée.

Espèces	Nbre. apparition	Fréq. Rel. (%)
<i>Palisota hirsuta</i>	16	10,3
<i>Geophila afzelii</i>	15	9,6
<i>Palisota schweinfurthii</i>	15	9,6
<i>Geophila obvallata</i>	14	9,0
<i>Haemanthus cinnabarinus</i>	14	9,0
<i>Puelia ciliata</i>	14	9,0
<i>Sarcophryniium schweinfurthianum</i>	12	7,7
<i>Cercestis congensis</i>	8	5,1
<i>Marantochloa congensis</i>	6	3,8
<i>Marantochloa purpurea</i>	6	3,8

4.1.4. B. Abondance des taxons

Les résultats du tableau 13 nous montrent que l'espèce *Geophila afzelii* est la plus abondante avec un taux de 36,9%, elle est suivie de *Geophila obvallata* (34,8%), puis *Palisota hirsuta* (9,8%), *Puelia ciliata* (5,3%), *Sarcophryniium schweinfurthianum* (3,6%), *Palisota schweinfurthii* et *Haemanthus cinnabarinus* (2,3% chacune), *Palisota ambigua* (1,2%), *Haemanthus multiflorus* et *Marantochloa congensis* (0,7% chacune).

Tableau 13 : Abondance de dix premières espèces végétales de la strate herbacée.

Espèces	Types	Effectif indiv.	Abond. Rel.(%)
<i>Geophila afzelii</i>	Herbe	1307	36,9
<i>Geophila obvallata</i>	Herbe	1235	34,8
<i>Palisota hirsuta</i>	Herbe vivace	348	9,8
<i>Puelia ciliata</i>	Herbe vivace	188	5,3
<i>Sarcophryniium schweinfurthianum</i>	Herbe vivace	128	3,6
<i>Palisota schweinfurthii</i>	Herbe vivace	81	2,3
<i>Haemanthus cinnabarinus</i>	Herbe vivace	80	2,3
<i>Palisota ambigua</i>	Herbe	43	1,2
<i>Haemanthus multiflorus</i>	Herbe vivace	26	0,7
<i>Marantochloa congensis</i>	Herbe vivace	24	0,7
Les autres espèces		84	2,4

4.1.4. C. Diversité des taxons

Les résultats de la figure 15 nous montrent que la famille des Commelinacées est la plus diversifiée avec un taux de diversité de 30,8%, suivie des Marantacées avec un taux de diversité de 23,1%, puis les Zingiberacées (15,4%), les Amaryllidacées et les Rubiacées (7,7% chacune), les Amaranthacées, les Aracées, les Astéracées et les Poacées ont chacune un taux de diversité de 3,8%.

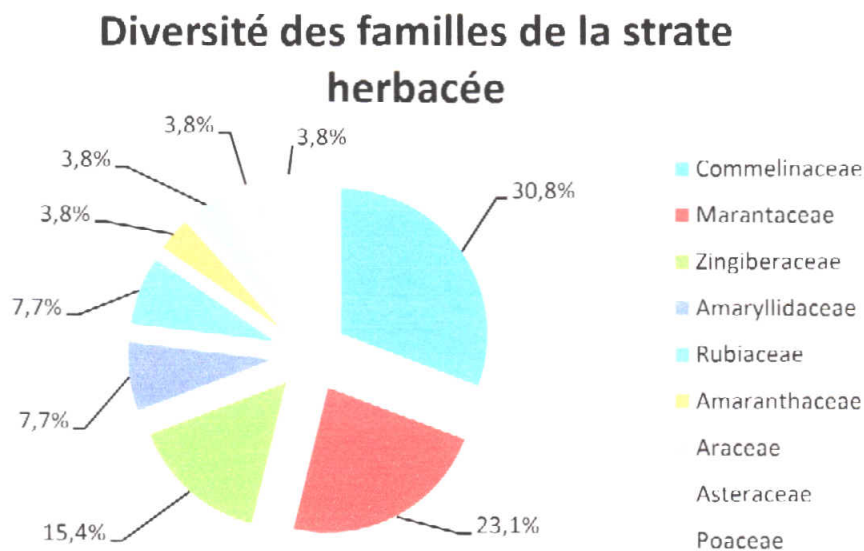


Figure 15: Diversité des familles des espèces végétales de la strate herbacée

4.1.4. D. Liste des espèces lianescentes dans les chablis du plateau 2

Sept chablis avaient été identifiés puis délimités à une superficie de 10mx10m chacun dont l'intégralité de la liste et leurs abondances se trouvent dans les annexes 18 et 19.

Nous avons inventorié au total 262 individus.

Les dix premières espèces les plus abondantes sont les suivantes : *Millettia duchesnei* (13,4%), *Ancistrophyllum secundiflorum* (13,0%), *Dichapetalum mombuttense* (9,5%), *Dalhausia africana* (8,4%), *Manniophyton fulvum* (6,5%), *Tiliacora guineensis* (6,1%), *Roureopsis obliquifoliolata* (4,6%), *Byrsocarpus coccineus* (3,8%), *Piper guineense* (3,4%), *Sherbournia batesii* (3,1%) et les autres espèces représentent 28,2 %.

4.1.5. Résultats de tests de comparaison entre les strates

Pour notre cas, nous avons deux strates (arborescente et arbustive) ayant été inventoriées en utilisant une unité d'échantillonnage de 2500m² chacune alors que les deux autres strates (sous arbustive et herbacée) ont été inventoriées en utilisant une unité d'échantillonnage de 2x250m² chacune.

Voici ci-dessous le texte, les valeurs des indices de Shannon relevé par relevé, les indices moyens de Shannon strate par strate ainsi que la richesse en espèces par strate en tenant compte de la taille de l'échantillon.

Les résultats du tableau 14 nous montrent que la strate arborescente donne un indice moyen de Shannon de 3,5 bits avec une richesse spécifique en espèces de 148 tandis que la strate arbustive donne un indice moyen de Shannon de 2,6 bits avec une richesse spécifique en espèces de 112. Ce qui stipule que la strate arborescente est plus diversifiée en espèces que la strate arbustive.

Tableau 14 : Comparaison des indices de diversité de Shannon en fonction de leurs richesses en espèces (strate arborescente et strate arbustive)

STRATE ARBORESCENTE		STRATE ARBUSTIVE	
Relevés	Indice Shannon	Relevés	Indice Shannon
1	3,3	1	2,4
2	3,3	2	2,5
3	3,5	3	2,7
4	3,5	4	2,5
5	3,4	5	2,6
6	3,5	6	2,1
7	3,5	7	2,7
8	3,5	8	1,8
9	3,7	9	2,8
10	3,2	10	2,5
11	3,6	11	2,8
12	3,8	12	2,9
13	3,6	13	3
14	3,5	14	2,9
15	3,5	15	3
16	3,7	16	2,7
Total	56	Total	42
Moyenne	3,5	Moyenne	2,6
Richesse spécifique (nbre total d'espèces)	148	Richesse spécifique (nbre total d'espèces)	112

Les résultats du tableau 15 nous donnent pour la strate sous arbustive un indice moyen de Shannon de 4 bits avec une richesse en espèces de 167 tandis que la strate herbacée donne un indice moyen de Shannon de 1,4 bit avec une richesse en espèces de 26. Ce qui stipule que la strate sous arbustive est plus diversifiée en espèces que la strate herbacée.

Tableau15 : Comparaison des indices de diversité de Shannon en fonction de leurs richesses en espèces (strate sous arbustive et strate herbacée).

STRATE SOUS ARBUSTIVE		STRATE HERBACEE	
Relevés	Indice Shannon	Relevés	Indice Shannon
1	4,1	1	1,5
2	4,1	2	1,6
3	4,1	3	1,4
4	4	4	1,5
5	4,2	5	1,8
6	4,2	6	0,9
7	3,2	7	1,6
8	3,7	8	1,7
9	4,1	9	1,6
10	4	10	1,1
11	3,9	11	0,9
12	4,2	12	1,6
13	4,1	13	1,6
14	3,9	14	1,5
15	4	15	1,3
16	3,8	16	1
Total	63,4	Total	22,5
Moyenne	4	Moyenne	1,4
Richesse spécifique (nbre total d'espèces)	167	Richesse spécifique (nbre total d'espèces)	26

Connaissant leurs indices moyens de Shannon strate par strate, le test de Student nous a donné les résultats ci-après :

La figure 16 nous montre que, $p\text{-value} = 4,88e^{-09}$, cette valeur est $< 0,05$ (ou 5%), ce qui veut dire qu'il y a une différence significative entre la strate arborescente et la strate arbustive en terme de diversité moyenne, d'où on rejette l'hypothèse nulle. Mais comme notre risque d'erreur est $< 0,001$ (ou 0,1%), ce qui veut dire que la différence est très hautement significative.

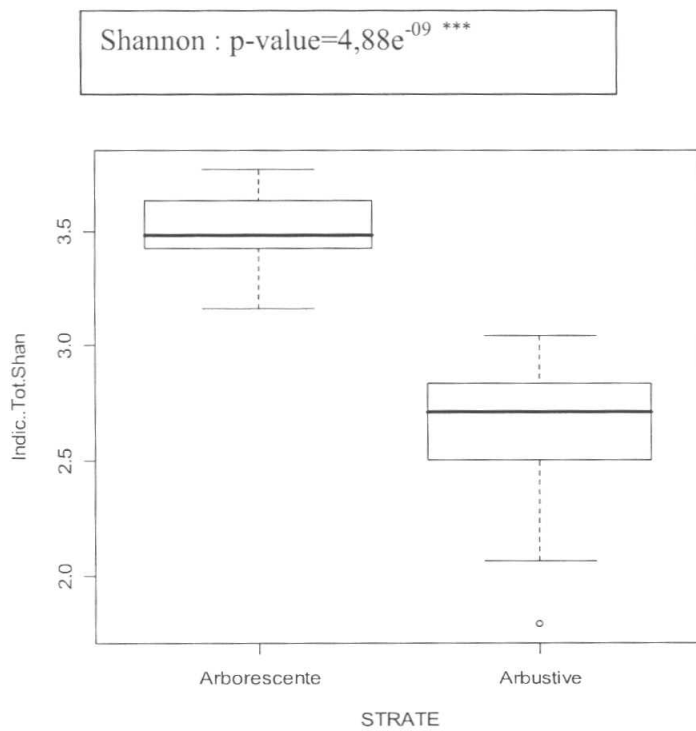


Figure 16 : Comparaison de la diversité moyenne entre la strate arborescente et la strate arbustive exprimée par l'indice de Shannon (Logiciel R)

La figure 17 nous montre que $p\text{-value} = 2.2e^{-16}$, ce qui veut dire que notre risque d'erreur est largement $< 0,05$ (ou 5%) et très largement $< 0,001$ (ou 0,1%) d'où, il y a une différence très hautement significative entre la strate sous arbustive et la strate herbacée en terme de diversité moyenne.

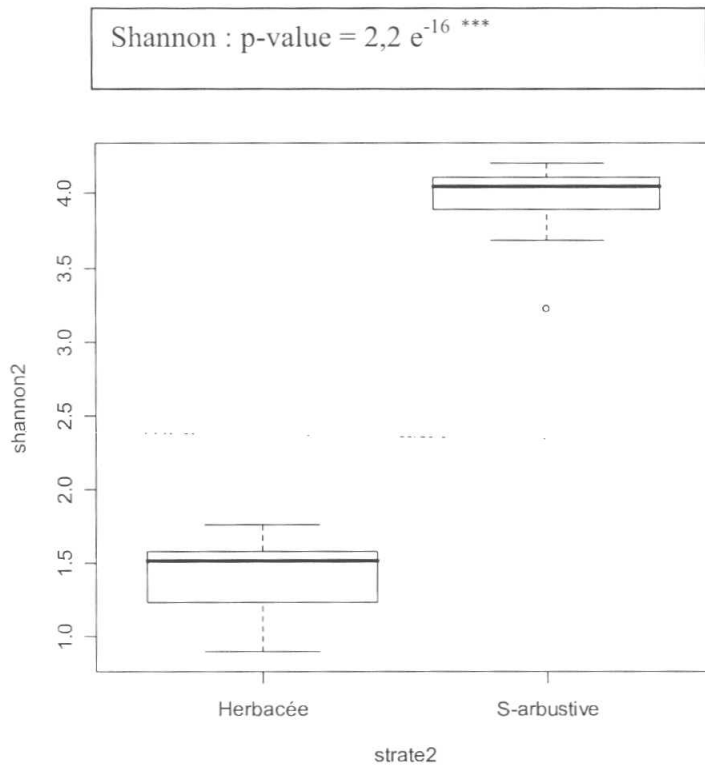


Figure 17 : Comparaison de la diversité moyenne entre la strate sous arbustive et la strate herbacée exprimée par l'indice de Shannon (Logiciel R)

4.1.6. Indice de similarité entre strates.

Les valeurs du coefficient de Jaccard trouvées dans le tableau 16 sont très variables. Elles démontrent qu'il n'y a pas de similitude entre différentes strates.

Celles du coefficient de Morisita, sont même variables, mais elles démontrent l'existence d'une similitude entre la strate arborescente et la strate arbustive et entre la strate arbustive et la strate sous arbustive.

Tableau 16 : Calcul des valeurs du coefficient de Jaccard et de Morisita au sein de différentes strates.

Coefficient de Jaccard	A	A1	H	SA
A	1	0,4	0	0,2
A1	0,4	1	0	0,3
H	0	0	1	0
SA	0,2	0,3	0	1

Coefficient de Morisita	A	A1	H	SA
A	1	0,5	0	0,4
A1	0,5	1	0	0,5
H	0	0	1	0
SA	0,4	0,5	0	1

Légende : A= strate arborescente A1= strate arbustive H=strate herbacée
SA= strate sous arbustive

Le tableau 18 nous montre que pour les valeurs du coefficient de Morisita, il existe en grande proportion une communauté ou une similitude assez grande entre différents relevés sauf entre les relevés R21 et R43 où il n'existe pas de similitude.

Tableau 18 : Calcul du coefficient de Morisita entre relevés (strate arborescente).

Coef. de Morisita	R2 1	R2 2	R2 3	R2 4	R4 1	R4 2	R4 3	R4 4	R6 1	R6 2	R6 3	R6 4	R8 1	R8 2	R8 3	R8 4
R21	1	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,4	0,7	0,7	0,8	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,7
R22	0,8	1	0,7	0,9	0,6	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6
R23	0,7	0,7	1	0,7	0,5	0,8	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7
R24	0,8	0,9	0,7	1	0,6	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7
R41	0,6	0,6	0,5	0,6	1	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,5
R42	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	1	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6
R43	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	1	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5
R44	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	1	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
R61	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	1	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7
R62	0,8	0,8	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	1	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5
R63	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6	0,8	0,6	1	0,6	0,6	0,8	0,5	0,7
R64	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	1	0,6	0,5	0,6	0,6
R81	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	1	0,6	0,7	0,7
R82	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,8	0,5	0,6	1	0,6	0,7
R83	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	1	0,7
R84	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	1

CHAPITRE CINQUIEME : DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux formations végétales de la strate arborescente émergente, dominante et dominée, de la strate arbustive, de la strate sous arbustive et de la strate herbacée de la partie sud des forêts de la Réserve forestière de Yoko plus précisément dans la parcelle de 9 ha du dispositif permanent de 400 ha dont 4 ha (placeaux paires) avaient été étudiés puis, nous allons apprécier la fréquence, l'abondance, la dominance de la strate arborescente, de même nous allons apprécier la fréquence, l'abondance dans d'autres strates en fonction de la taille de l'échantillon et de faire une comparaison de la diversité entre diverses strates puis, comparer les résultats obtenus à ceux obtenus par d'autres chercheurs.

5.1. Comparaison des paramètres structuraux du peuplement entre les espèces ligneuses de la strate arborescente à $dbh \geq 10\text{cm}$ à celles de la strate arbustive sur une superficie de 4ha.

5.1.1. Abondance et fréquence relatives comparées.

L'analyse comparative des fréquences relatives dans la strate arborescente, montre que cinq espèces à savoir : *Aidia micrantha*, *Cola griseiflora*, *Cynometra hankei*, *Scorodophloeus zenkeri* et *Staudtia kamerounensis* sont présentes dans tous les 16 relevés. Comparativement à la strate arbustive où dix premières espèces sont présentes dans tous les seize relevés à savoir : *Aidia micrantha*, *Cola griseiflora*, *Cola sp*, *Dialium corbisieri*, *Guarea thompsonii*, *Microdesmis yafungana*, *Pancovia harmsiana*, *Petersianthus macrocarpus*, *Pseudospondias longifolia* et *Scaphopetalum thonneri*. Ce qui veut dire que la strate arbustive montre une plus grande différence de fréquence relative. Cette différence nous pousse à dire que la fréquence de ces espèces végétales varie d'une strate à l'autre.

L'analyse comparative des abondances relatives nous montre que, dans la strate arbustive, *Scaphopetalum thonneri* est l'espèce qui a une plus grande différence d'abondance relative (40%) par rapport à *Scorodophloeus zenkeri* (9%) de la strate arborescente mais *Scorodophloeus zenkeri* est l'espèce qui est plus dominante par rapport aux autres espèces de leur strate.

L'abondance et le recouvrement de *Scorodophloeus zenkeri* se confirment aussi par le pré inventaire des arbres à $dbh \geq 10\text{cm}$ fait par Picard, 2008 dans le dispositif permanent de 400 ha de Yoko où une liste des 24 espèces prioritaires avait été dressée dans laquelle *Scorodophloeus zenkeri* est la première espèce avec une densité de 22,7250% / ha et une surface terrière de 3,638 m²/ha.

Même si le paramètre sol n'avait pas été étudié, en effet, *Scorodophloeus zenkeri* se confirme toujours en termes d'abondance et de dominance.

Selon Vande weghe (2004) et Lebrun et Gilbert (1954), *Scorodophloeus zenkeri* domine généralement les plateaux sablonneux et forme avec *Julbernardia seretii* un noyau d'espèces dominantes dans l'alliance *Oxystigmo-Scorodophloeion* (Lebrun et Gilbert 1954) appelée aussi « forêts semi-caducifoliés à *Scorodophloeus zenkeri* ».

En effet, Lomba et Ndjele (1998) cités par Lisingo(2009), mentionnent que la forêt de Yoko a un sol qui présente les caractéristiques reconnues aux sols de la cuvette centrale congolaise, catégorie ferrallitique du type Yangambi généralement sablo-argileux et décrit par Kombele (2004).

Ce qui nous amènerait à dire que, la dominance de *Scorodophloeus zenkeri* dans cette zone d'étude plus précisément dans la strate arborescente pourrait être due au type de sol sablo-argileux.

L'analyse des types morphologiques montre que dans la strate arbustive, les arbres sont les plus représentés que les arbustes typiques.

Il ya 4753 individus en régénération d'une abondance relative de 51,7% et 4443 individus sont des arbustes typiques de cette strate pourvus d'une abondance relative de 48,3%. Ce qui montre qu'il ya plus d'individus en régénération que les individus typiques de cette strate.

Toujours dans la strate arbustive, en termes de richesse en espèces, les arbres en régénération totalisent 102 espèces (91,1%), pendant que les arbustes ne totalisent que 10 espèces (8,9%).

Selon Kimpouni Victor (2008), l'analyse des types morphologiques des taxons inventoriés dans la flore ligneuse du plateau des Cataractes au Congo –Brazzaville montre que les arbres sont les plus représentés. Ils couvrent 61,44% des espèces recensées, pendant que les arbustes contribuent pour 38,56%.

Ce qui nous amène à dire que, les strates inférieures sont moins représentées en termes d'abondance et de richesse en espèces tant dans la flore ligneuse de Yoko en R.D.C. qu'à la flore ligneuse du plateau des Cataractes au Congo-Brazzaville.

Selon Lebrun, J. & Gilbert, G. 1954, les forêts mésophiles semi-caducifoliées se caractérisent physionomiquement par un mélange intime d'essences sempervirentes et caducifoliées. Ce qui se confirme dans notre travail par la présence de beaucoup d'espèces inventoriées qui sont sempervirentes et caducifoliées entre autres : *Scorodophloeus zenkeri* (T-S-Ba), *Oxystigma oxyphyllum* (T-C-An), *Guarea cedrata* (O-S-Ba, Zo), *Guarea thompsonii* (O-S-Ba, Zo), *Prioria balsamifera* (T-C-Ba) et bien d'autres.

5.1.2. Les classes de diamètres des espèces ligneuses à dbh≥10cm

Le graphique (figure9) ayant trait sur les classes de diamètres est en forme de j renversée ; ce qui montre qu'il ya beaucoup des pieds de la classe 10 puis, au fur et à mesure qu'on passe d'une classe inférieure à une classe supérieure, le nombre des tiges ne fait que diminuer et ainsi de suite. Proportionnellement, sur les dix classes réparties(tableau 3), nous avons obtenu ce qui suit : classe 10 : 60,03%, classe 20 : 16,91%, classe 30 : 8,53%, classe 40 : 5,07%, classe 50 : 3,46%, classe 60 : 2,95%, classe 70 : 1,50%, classe80 : 0,98%, classe 90 : 0,31%, classe 100 : 0,26%.

Tandis que N'shimba(2005), a fait la répartition des individus en 9 classes diamétriques dont le nombre d'individus et les proportions sont étalés ci-dessous.

Classes	Nombre d'individus	Pourcentage
10-19	790	55,24
20-29	321	22,45
30-39	159	11,12
40-49	98	6,85
50-59	39	2,73
60-69	12	0,84
70-79	5	0,35
80-89	4	0,28
90-99	2	0,14

Total: 9 classes

Ce qui nous amène à dire que, le nombre d'individus des classes de diamètres de 10 à 19 cm connaissent en terme proportionnel une augmentation de plus de 50%, ce nombre diminue au fur et à mesure qu' il ya augmentation des classes de diamètres tant pour les 4 ha étudiés de la parcelle de 9ha du dispositif permanent de Yoko que pour la zone d'étude floristique de l'île Mbiye à Kisangani, en formant ainsi une courbe en j renversée.

5.1.3. Diversité relative comparée.

a. Comparaison entre la strate arborescente et la strate arbustive.

La strate arborescente présente une diversité relative élevée que la strate arbustive. Le test statistique de comparaison des moyennes confirme qu'il y a une différence très hautement significative entre ces deux strates (figure 16) ($p\text{-value}=4,88e^{-09***}$)

Dans la strate arborescente, l'inventaire des ligneux a permis de recenser au total 1934 individus dont 148 espèces, 106 genres, 32 familles regroupées suivant Lebrun(1954). L'étude de la diversité floristique relative montre que celle-ci varie de 0,7 à 14,2%. La famille des Césalpiniacées est beaucoup plus diversifiée (14,2%) ; elle est suivie de la famille des Méliacées (8,8%) ; les Euphorbiacées (6,8%) ; les Sapotacées (6,1%) ; les Clusiacées et les Rubiacées (5,4 % chacune) ; les Mimosacées, les Moracées et les Olacacées (4,7% chacune), les Annonacées (4,1%) et les autres familles représentent un taux de diversité de 35,1% donc 52 espèces sur le total de 148 espèces.

Selon Kimpouni Victor (2008), l'inventaire de la flore ligneuse du plateau des Cataractes au Congo –Brazzaville a permis de recenser 153 espèces réparties au sein de 116 genres et regroupées, suivant APG II (2003), dans 42 familles (Tableau I). L'étude de la diversité floristique relative montre que celle-ci varie de 0,65 à 13,07%. Les Fabaceae sont la famille la mieux pourvue en espèces (13,07%) devant les Euphorbiaceae (7,19%), les Malvaceae (6,53%) et les Rubiaceae (5,88%). Cependant, les familles présentant une faible diversification spécifique sont les plus nombreuses avec 90,48%.

Même si le regroupement des familles de notre travail avait été fait suivant Lebrun(1954), nous constatons que parmi les familles les plus diversifiées, les Euphorbiaceae, les Rubiaceae se retrouvent tant dans la flore ligneuse du plateau des Cataractes de Congo-Brazzaville qu'à celle de Yoko de la République Démocratique du Congo. Même dans la famille des Fabaceae en général, n'empêche qu'on trouve aussi des Fabacées/ Caesalpinioideae en proportion élevée dans la flore ligneuse du plateau des Cataractes au Congo-Brazzaville.

Tandis que Adou Yao C.Y. et N'Guessan E.K. (2005), dans le sud du Parc National de Taï en Côte d'Ivoire plus précisément dans les sites de Dogbo, Guiroutou, Djapadji et le Sud du PNT, en général, les Euphorbiacées sont en première position, suivie des Césalpiniacées. Cela pourrait être dû au type de sol, car dans le sud du Parc National de Taï, la texture des sols est sableuse fine et argileuse ou argilo-sableuse.

b. Comparaison entre la strate sous arbustive et la strate herbacée.

Dans la strate sous arbustive, l'inventaire a permis de recenser au total 2956 individus ayant 167 espèces, 116 genres et 37 familles.

L'étude de la diversité floristique relative montre que celle-ci varie de 0,6 à 11,4%. La diversité des Rubiacées est légèrement supérieure (11,4%) à celle des Césalpiniacées (10,2%) puis, les Euphorbiacées (8,4%) ; les Sterculiacées (6,6%), les Méliacées (6%), les Annonacées (4,8%), les Mimosacées (4,2%), les Apocynacées, les Flacourtiacées et les Olacacées (3,6% chacune) et les autres familles représentent un taux de diversité de 37,7 % donc 63 espèces sur le total de 167 espèces.

Dans la strate herbacée, l'inventaire a donné au total 3544 individus ayant 26 espèces, 17 genres et 9 familles. L'étude de la diversité relative montre que celle-ci varie de 3,8 à 30,8%. La famille des Commelinacées est la plus diversifiée avec un taux de diversité de 30,8%, suivie des Marantacées avec un taux de diversité de 23,1%, puis les Zingiberacées (15,4%), les Amaryllidacées et les Rubiacées (7,7% chacune), les Amaranthacées, les Aracées, les Astéracées et les Poacées ont chacune un taux de diversité de 3,8%.

Mais soumis à un test statistique, la strate sous arbustive présente une diversité relative moyenne élevée que la strate herbacée. Le test statistique de comparaison des moyennes confirme qu'il y a une différence très hautement significative entre ces deux strates (figure 17) ($p\text{-value} = 2,2 \times 10^{-16}$ ***).

CONCLUSION

La présente étude a porté sur la comparaison de la diversité entre les strates dans la forêt semi-caducifoliée du sud de la réserve de Yoko (Kisangani-R.D.C.). La strate arborescente et la strate sous arbustive avaient été inventoriées à une taille de l'échantillon de 2500 m² pendant que les deux autres strates (sous arbustive et herbacée) avaient été inventoriées à une taille de l'échantillon de 2x250m².

L'objectif principal de ce travail était d'analyser la diversité floristique entre les strates par une étude comparative de la partie sud de la forêt semi-caducifoliée de Yoko. Les objectifs spécifiques étaient d'estimer les paramètres structuraux du peuplement : Richesse aréale, fréquence relative, l'abondance relative, la dominance relative, la diversité relative, la surface terrière et la hauteur dominante des arbres et enfin, de recenser et comparer la richesse entre les strates.

La récolte des données a été faite strate par strate afin d'estimer la contribution de chaque strate à la variabilité et à la diversité spécifique dans cette partie sud de la réserve forestière de Yoko plus précisément dans la parcelle de 9 ha du dispositif permanent de 400 ha.

Les relevés de la zone d'étude étaient contigus parcelle par parcelle (4 relevés contigus par parcelle) puis, chaque parcelle de 1 ha était espacée de 100 m de l'autre pour les strates arborescente et arbustive. Tandis que pour les strates sous arbustive et herbacée, un layon transversal a divisé notre quart d'hectare en deux parties égales. Puis, deux transects avaient été faits à 12,5m de chaque partie divisée puis, élargis de 2,5m de part et d'autre formant ainsi deux sous relevés de 250 m² chacun. Ces deux sous relevés étaient espacés de 20m.

Les strates arborescentes, arbustives, sous arbustives et herbacées ont fait l'objet de nos analyses. Les espèces et familles avaient été listées strate par strate.

A l'issue des inventaires réalisés sur une superficie de 4 hectares (pour les strates arborescente et arbustive), 1934 individus répartis en 148 espèces, 106 genres et 32 familles ont été recensés pour la strate arborescente; pendant que, 9196 individus répartis en 112 espèces, 91 genres et 31 familles ont été recensés pour la strate arbustive. Tandis que pour les deux autres strates (sous arbustive et herbacée), elles ont été inventoriées sur une superficie de 8000 m²

(soit 0,8 hectare) chacune. D'où, pour la strate sous arbustive, 2956 individus répartis en 167 espèces, 116 genres et 37 familles ont été recensés tandis que pour la strate herbacée, 3544 individus répartis en 26 espèces, 17 genres et 9 familles avaient été recensés.

A l'issue des tests statistiques de comparaison des moyennes, nous avons constaté que la diversité relative moyenne a montré des différences significatives entre deux strates (arborescente et arbustive), de même en faisant la comparaison strate par strate, le taux de diversité a augmenté lorsqu'on est passé à une strate supérieure. Pour les deux autres strates (sous arbustive et herbacée), la diversité relative moyenne a montré des différences significatives; mais en faisant la comparaison strate par strate, le taux de diversité a augmenté lorsqu'on est passé à une strate inférieure (donc à la strate herbacée).

Dans la strate arborescente, les dominés sont beaucoup représentés (plus de 60%) que les dominants parce qu'ils sont privés d'une certaine proportion de la lumière. Donc, cela est dû à son statut à l'égard de la lumière.

L'analyse d'ordination avait été faite afin de mettre en évidence les principaux groupements floristiques et elle a révélé que les relevés R21, R22, R23 ; R24 : R42 ; R62 et R63 sont regroupés donc associés, puis les relevés R41, R44, R61 et R64 sont associés, aussi les relevés R81 et R82 sont associés. Mais les relevés R43 ; R83 et R84 sont isolés. Nous nous sommes limités tout simplement à ordonner les données floristiques sans émettre les considérations écologiques.

Une brève analyse en rapport avec l'indice de similarité entre les strates avait été faite en vue de constater s'il y a similarité ou pas entre différentes strates. C'est ainsi, les résultats ont révélé que suivant les valeurs du coefficient de Morisita, il existe une similitude entre la strate arborescente et la strate arbustive et entre la strate arbustive et la strate sous arbustive. Mais suivant les valeurs du coefficient de Jaccard, il n'y a pas de similitude entre les strates. D'où, le coefficient de Morisita peut être utilisé dans les travaux de phytosociologie car il permet d'exprimer l'existence d'une communauté entre deux formations végétales comparées entre-elles.

Une autre analyse en rapport avec l'indice de similarité entre les relevés de la strate arborescente avait été faite ; les résultats ont révélé que suivant les valeurs du coefficient de

Morisita, il existe une communauté ou une similitude assez grande entre différents relevés sauf entre les relevés R21 et R43 où il n'existe pas de similitude.

Mais les valeurs du coefficient de Jaccard ont démontré en général qu'il n'y a pas assez de similitude entre différents relevés sauf quelques uns ont montré une communauté ou une similitude dont nous citons par exemple entre les relevés R21 et R62, entre R23 et R63, entre R24 et R41, R62, R63, R64, R82 etc. Bref, le coefficient de Morisita peut être utilisé dans les travaux de phytosociologie car il permet d'exprimer l'existence d'une communauté entre deux formations végétales comparées entre-elles.

En conclusion, vu les résultats obtenus et vu les questions posées, nous pouvons dire que dans la strate arborescente, la partie sud de la forêt de Yoko est dominée par *Scorodophloeus zenkeri*.

En vue d'approfondir cette étude de la comparaison de la diversité floristique entre diverses strates, les nouvelles analyses pédologiques dans toute la zone de conservation de Yoko seraient nécessaires afin d'actualiser la carte pédologique de Yoko, plus précisément celle de la zone de conservation de manière à ce que les chercheurs approfondissent leurs connaissances.

Enfin, étant une zone de conservation, la forêt de Yoko doit être gérée durablement et rationnellement afin que les recherches forestières soient continues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achoundong G. (1985) Etude écologique et floristique de la végétation des collines de Yaoundé au dessus de 1000m. Thèse de doctorat, Université de Yaoundé, 301 p.
- Ake Assi L., 1992.- Aspects floristiques de l'aménagement de la forêt naturelle et des produits secondaires utilisés par la population locale. Tropenbos. Séminaire sur L'aménagement intégré des forêts denses humides et des zones agricoles périphériques. Abidjan, Côte d'Ivoire : 221-227.
- Alexandre d. Y., 1980.-Caractère saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de la Côte d'Ivoire. Revue d'Ecologie. 34 :47-72
- Aubreville, A. 1957. Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. Bois et Forêts des Tropiques. 57 : 23-27.
- Blanc, P. 2002 -Etre plantes à l'ombre des forêts tropicales ; Nathan/VUEF, Paris, France, 432 p.
- Blanc, L., Flores, O., Molino, J-F., Gourlet-Fleury, S. et Sabatier, D. 2003. – Diversité spécifique et regroupement d'espèces arborescentes en forêt guyanaise. In ENGREF, (Eds), Revue Forestière Française, Nancy. Numéro spécial : connaissance et gestion de la forêt guyanaise : 131-146.
- Baur G.N., 1964. –The ecological basis of rain forest management Government printer. Canberra Australia, ACT. 499 p.
- Braun-Blanquet J. (1932) Plant sociology: the study of plant communities. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York, 407 p.
- Candolle, A-P, d. 1820. Géographie botanique », dans Frédéric Cuvier (dir.), Dictionnaire des sciences naturelles, Paris/Strasbourg, Levrault, t. 18, p. 359-422
- Chave, J. 2000. -Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale. Ann. Phys. Fr. 25. N°6.

Clements, F. E. 1916. -Plant succession: analysis of development of vegetation. Publ. Carnegie Instn. 242, Washington, D. C.

Colinvaux, P.A. 1996. -Quaternary environmental history and forest diversity in the Neotropics. Pp. 359–405 in: JBC Jackson, A.F. Budd & A.G. Coates (Eds). *Evolution and environment in tropical America*. University of Chicago Press, IL, USA.

Condit R., Hubbell S.P., Lafrankie J.V., Sukumar R., Manokaran N., Foster R.F. & Ashton P.S. (1996) -Species-Area and Species-Individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots. *Journal of Ecology* 84 (4): 549-562.

Condit R., Foster R.F., Hubbell S.P., Sukumar R., Leigh E.G., Anokaran N., Loo De Lao S., Lafrankie J.V. & Ashton P.S. (1998) -Assessing forest diversity on small plots: calibration using species-individual curves from 50-ha plots. In: Dallmeier F. & Comiskey J.A. (eds.) *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling. Man and the Biosphere Series Vol. 20*. UNESCO & Parthenon Publishing Group, 247-268.

Crane, P.R., Friis, E.M., and Pederson, K.R. 1995. -The origin and early diversification of angiosperms. *Nature*. 374: 27-33.

C.Y Adou Yaho et E.K. N'Guessan 2005 -Diversité botanique dans le sud du parc national de Taï, cote d'ivoire. *Afrique SCIENCE* 01(2) (2005)295-313

Daget, P. & Godron, M. 1982. *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*. Masson, Paris, 10 + 163 p

Darwin, C. 1859. -On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London: John Murray

Davis, S. D., Heywood, V. H. & Hamilton, A. C. 1994. -Centers of plant diversity a guide and strategy for their conservation. Vol 1.

Douglas, S. & David, F.R.P.B. 2003. – Disturbing hypotheses in tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 18 (1) 18-26.

Eilu G., Hafashimana D.L.N. & Kasenene J.M. (2004) -Tree species distribution in forests of the Albertine Rift, western Uganda. *Afr. Journal of Ecology* 42: 100-110.

Elenga, H., Schwartz, D. & Vincens, A. (1994) -Pollen evidence of Late Quaternary vegetation and inferred climate changes in Congo. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* 109, 345–356.

F.A.O. (2007) : -Situation des Forêts du monde 2007. Rome 2007, 143 p.

F.A.O. (2003) : -Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale, recherche d'excellence. Dép. Forêt série N°143, 124 p.

Forbes, S.A. (1888).-“On the food relations of fresh water fishes: a summary and discussion. *Bull. Ill. St. Lab. Nat. Hist.* II: 475-555.

Fournier F. & Sasson A. (1983) -Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. ORSTOMUNESCO (ed.) Recherche sur les ressources naturelles. XIX, Paris, 473 p.

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

Gentry A.H. & Dodson C.H. (1987) -Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19: 149-156.

Gérard Ph. (1960) -Étude écologique de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uele. *Public. de l'I.N.É.A.C., série scientifique N° 87*: 159 p.

Germain R. & Evrard C. (1956) -Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*. *Public. de l'I.N.É.A.C., série scientifique N°67*: 105 p.

Gillet F. (2000) -La phytosociologie synusiale intégrée: Guide méthodologique. Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchatel, *Inst. de Bot.*: 65 p.

Gillet, F., De Foucault, B. & Julve, P. 1991. -La phytosociologie synusiale intégrée: objets et concepts. *Candollea* 46: 315-340.

Gillet J.-F., Augiron K., Doucet J.-L., Dethier M., Ntchandi Otimbo P.-A. & Boudaby A.-G. (2003a) -Evaluation des zones d'intérêt biologique et délimitation du secteur de conservation: Compagnie des Bois du Gabon (CBG), UFA de Rabi-Mandji. Rapport de mission, Nature +, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 42 p.

Gillet J.-F., Doucet J.-L., Ntchandi Otimbo P.-A. & Boudaby A.-G. (2003b) -Evaluation des zones d'intérêt biologique et délimitation du secteur de conservation: Compagnie des Bois du Gabon (CBG), UFA de Mayumba. Rapport de mission, Nature +, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 50 p.

Gillon D., 1992. -Empreinte humaine et facteurs du milieu dans l'histoire écologique de l'Afrique tropicale. *Afrique contemporaine*. 161 : 30-41

Girard J.C., ET Sigala P., 1991.- Les principales formations végétales. Bois et forêts des Tropiques. 229 : 15-22.

Giresse, P., Maley, J. & Brénac, P. (1994) -Late Quaternary palaeoenvironments in the lake Barombi Mbo (West Cameroon) deduced from pollen and carbon isotopes of organic matter. *Palaeoclim. Palaeoecol.* 107, 65-78.

Gleason, H. A. 1926. -The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53:7-26.

Hamann A., Barbon E.B., Curio E. & Madulid D.A. (1999) -A botanical inventory of a submontane tropical rain forest on Negros Island, Philippines. *Biodiversity and Conservation* 8: 1017-1031.

Hawthorne W.D., 1995.-*Ecological profiles of Ghanaian forest trees*. Oxford, U.K., O.D.A., Oxford forestry Institute, Tropical Forestry papers, 29, 345 p.

Huang W., Pohjonen V., Johansson S., Nashanda M., Katigula M.I.L., Luukkanen O. (2003) - Species diversity, forest structure and species composition in Tanzanian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 173: 11-24.

Humboldt, A. 1807. *Essai sur la géographie des plantes*. Facs.ed. London 1959. -His essay on "On Isothermal Lines" was published serially in English translation in the *Edinburgh Philosophical Journal* from 1820 to 1822.

Ifuta, N.B.1993.-Paramètres écologiques et hormonaux durant la croissance et la reproduction d'*Epomops franqueti* (Mammalia : Chiroptera) de la forêt ombrophile équatoriale de Masako (Kisangani-Zaïre). Thèse inédite, KUL, 142 p.

Jaccard, p. 1928. – Die statistische methods als Grundlage der Pflanzensoziologie. *Handb. Biol. Arb. Meth*, XI, 5: 165-202.

Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. & Van Tongeren, O.F.R. 2000. – Data analysis in Katanga. *C.R. Congr. Sc. Elisabethville*, comm. 51. Publ. C.S.K. Elisabethville 4 (2): 276-304.

Kimpouni, V. 2008. - Contribution à l'inventaire et à l'analyse de la flore ligneuse du plateau des Cataractes (Congo – Brazzaville). École normale supérieure, U.M.NG, B.P. 237, Brazzaville, Congo ; kimngoma@yahoo.fr arrivé le 27 mars 2008, accepté le 9 juin 2008.

Kombele, 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Cas des séries *Yangambi* et *Yakonde*, Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 424 p.

Kumba, S. 2007. – Analyse de la structure spatiale des données ponctuelles par les méthodes des distances appliquées en écologie du paysage. Cas de *Gilbertiodendron dewevrei*, de *Scorodophloeus zenkeri* et de *Uapaca guineensis* dominantes dans la réserve forestière de Yoko. Dea, Fac des sciences, Unikis, 73 p

Kouob, B, S. 2009. Organisation de la diversité végétale dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun. Thèse Université Libre de Bruxelles, 188 p.

Lambin, E. F.; Geist, H. J. & Lepers, E. (2003): Dynamics of land-use and land-cover change in the tropical regions. *Annual Review of Environment Resources*, Vol. 28: 205-241.

Lebrun, J.P. 2001. – Introduction à la flore d’Afrique. Cirad Ibis Press. 115 p.

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

Lebrun J. (1947) -La végétation de la plaine alluviale au Sud du lac Edouard, Exploration du Parc National Albert. Inst. Parcs Nat. du Congo belge, 800 p.

Legendre P. & Legendre L. (1998) -Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling, 20, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 853 p.

Lejoly, J. 1993.- Méthodologie ECOFAC pour les inventaires forestiers (Partie flore et végétation) Lab. Bot. Syst. Phyt. ULB. 136p.

Lejoly, J. 1995. - Biodiversité des ligneux dans le transect d'ALAT-MAKAY dans la Réserve de faune du DYA (Cameroun), Projet Ecofac, AGRECCO-CTT, Bruxelles, 95p.

Lejoly, J. 1995 - Utilisation de la méthode de transects en vue de l'étude de la biodiversité dans la zone de conservation de la forêt de NGOTO (Rép. Centrafricaine). Projet Ecofac, Agrecco-C.T.T, Bruxelles, 114p.

Lejoly, J., Lisowsky, S. & Ndjele, M.1988. – Catalogue des plantes vasculaires de Sous Région de Kisangani et de la Tshopo. 3^{ème} édition novembre 1988. Travaux du Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie de l’ULB.122p.

Lieberman D., Lieberman M., Peralta R. & HARTSHORN G.S. (1996) -Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84: 137-152.

Lindeman, R., L. 1942. -The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23:399-418.

- Lisingo W. L. 2009. - Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multistrate; D.E.A. Reafor, Unikis, Faculté des sciences: p.p.79.
- Lomba C. 2007. -Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Réserve forestière de Yoko; DES Unikis.
- Lomba B. L. & Ndjele M.-B., 1998. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la Réserve de Yoko (Ubundu, R.D. Congo). Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Annales (11), 35-46.
- Lubini, A. 1982. – Végétation messicole et post culturale de Kisangani et de la Tshopo (Haut Zaïre). Thèse de Doctorat, UNIKIS, Fac. Sciences: 489 p.
- Lubini, A. 1997. – La végétation de la Réserve de la biosphère de Luki. Opera Bot. Belg. 10 : 155 p.
- Maley, J. 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paleoclimatiques et biogéographiques. *Paleoecol Afr* 18:307–334
- Maley, J. 1997. Middle to late Holocene changes in tropical Africa and other continents. Paleomonsoon and sea surface temperature variations. In *Third millenium BC climate change and old world collapse*. H. N. Dalfes, G. Kukla et H.Weiss eds., NATO Adv. Sc. Inst. Series, Global Environmental Change, Springer, Berlin, p. 611-640.
- Maley, J. Brenac, P. 1998. Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forests of West Cameroon during the last 28 000 years. *Rev. PalaeoBota. & Palyno.* 99.
- Mandango, M. 1981. – Flore et végétation de l'île Tundulu à Kisangani (H-Z) ; DES, Fac.Sc. Unikis, 133 p.
- Mandango, M. 1982. – Flore et végétation des îles du fleuve de Zaïre dans la Sous Région de la Tshopo (H-Z). Thèse, Univ. Kisangani 425 p.

Mangenot G. (1955) -Etudes sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire. Etudes Eburnéennes, IFAN, 4: 5-61.

Mosango M. & Lejoly J. (1990) -La forêt dense humide à *Piptadeniastrum africanum* et *Celtis mildbraedii* des environs de Kisangani (Zaïre). Mitt. Inst. Allg. Bot. Hambourg, 23b, Comptes rendus de la XIIème réunion plénière de l'AETFAT: 853-870.

Masens DA-Musa Yung B. (1997) -Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandundu, Rép. Dém. Du Congo). Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie.

Ndjele, M.B. 1988.-Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse de doct. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 528 p.

Nshimba, S-M. 2008. -Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDCongo. Thèse de doct. ULB.Labo.Bot. Syst.& Phyt. 272 p.

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

Nshimba, S-M., Ndjele, M.B & Lejoly, J. 2005. – Etude de la répartition spatiale des espèces dominantes dans la forêt marécageuse de l'île Mbiye à Kisangani, R.D.Congo. Résumé aetfat Yaoundé.

Nyakabwa, M. 1982.- Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de Doct. Unikis, Fac.Sc. Vol. 1,2 & 3. 998 p.

Ozenda, P. 1986.- La cartographie écologique et ses applications/Ecological Mapping and Its Applications. Paris, Masson (Coll. Écologie appliquée et sciences de l'environnement, 7). 160p.

Picard, N., 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko.UPR «Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, pp 7

- P.F.B.C. (2006). - Les forêts du bassin du Congo : état des forêts 2006. 256 p.
- Potts M.D., Plotkin J.B., Lee H.S., Manokaran N., Ashton P.S. & Bossert W.H. (2001).- Sampling biodiversity: effects of plot shape. *The Malaysian Forester* 64: 29-34.
- Poulsen A.D. & Pendry C.A. (1995). -Inventories of ground herbs at three altitudes on Bukit Belalong, Brunei, Borneo. *Biodiversity and Conservation* 4: 745-757.
- Prévost M-F. & Sabatier D. (1996). -Variations spatiales de la richesse et de la diversité du peuplement arboré en forêt Guyanaise. In: Guillaumet J.-L., Belin M. & Puig H. (eds.) *Phytogéographie tropicale: réalités et perspectives. Actes du colloque international de phytogéographie tropicale, juin 1993, ORSTON éditions, Paris, 264-276.*
- Reynaud-Farrera, I., Maley, J. & Wirrmann, D. 1996. -Végétation et climat dans les forêts du Sud-Ouest Cameroun depuis 4770 ans B.P. analyse pollinique des sédiments du lac Ossa. *C. R. Acad. Sci. Paris, Série 2a*, 322, 749–755.
- Ricklefs, R. E. 2004. –A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*, 7, 1–15.
- Schnell R. (1952a) -Contribution à une étude phytosociologique et phytogéographique de l'Afrique occidentale: les groupements et les unités géobotaniques de la région guinéenne. In: Monod T. & Schnell R. (ed.) *Mélanges botaniques. Mémoire de l'IFAN, Dakar, 41- 236.*
- Schnell R. (1952b) -Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba (Afrique occidentale française). *Mémoires de l'IFAN*, 598 p.
- Schnell, R. 1971. – Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. II : les milieux, les Groupements végétaux. Gauthier-Villars, Paris : 951p.
- Schmitz A. (1988) -Révision des groupements végétaux décrits du Zaïre, du Rwanda et du Burundi. *Annales Sciences économiques, Vol. 17, Musée Royal de l'Afrique Centrale,*

Tervuren, Belgique, 315 p.

Siegel, S. & Castellan, N.J. 1988. – Nonparametric statistics for the behavioural sciences, 2nd ed. Chez MCGRAW Hill, 312 p.

Senterre, B. 2005. – Recherches méthodologiques pour la typologie de la Végétation et la Phytogéographie des forêts denses d’Afrique Tropicale. Thèse de doct. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 343 p.

Shand, H. 1993. –Valorisons la diversité de la nature. Publication de la division de l’information de la FAO, 25 p.

Tailfer, 1989 -La forêt dense d’Afrique Centrale. Identification pratique des principaux arbres. Tome II. 1271 p. M.R.A.C. Tervuren, Belgique.

Tanghe M. (1969) Groupes écologiques, associations stationnelles et associations régionales des forêts du Sud-Est de la Belgique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, 3 tomes, 600 p.

Transley, A., G. 1935. -The use and abuse of vegetational concepts and terms". Ecology. 16. P.284-307.

Trochain, J.L. 1951. -Nomenclature et classification des types de végétation de l’Afrique tropicale. Bull. I.E.C. 2: 9-18.

Troupin G. (1966) -Etude phytocénologique du Parc National de l’Akagera et du Rwanda Oriental. Recherche d’une méthode d’analyse appropriée à la végétation d’Afrique inter tropicale. Université de Liège, Vaillant-Carmanne (ed.), Liège, 239 p.

Tuomisto H. & Ruokolainen K. (1994) -Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. Journal of Vegetation Science 5: 25-34.

Van Paasen M. (1991) -Evaluación y manejo de los recursos forestales de la region continental, Guinea Ecuatorial. Analisis estructural, estudio ecológico de los recursos

forestales de la Región Continental. Ministerio de Agricultura, Ganadería, pesca y forestal, FAO, Documento de campo n°10, 92 p.

Vancutsem, C., Pekel, J.F., Evrard, F., Malaisse, F. et Defourny, P. 2006. - Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo. Unité de Recherche en Environnement et Géomatique, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université catholique de Louvain. Presse Universitaire de Louvain 29 p.

Vandeweghe, J.P. 2004. -Forêts d'Afrique Centrale. La nature et l'homme. Éd. Lannoo SA Tielt-Belgique. 367 p.

Van Rompaey R.S.A.R. (1993) -Forest gradients in West Africa. A spatial gradient analysis. Doctoral thesis, Department of Forestry, Agricultural University Wageningen, 142 p.

Van Rompaey R.S.A.R. (2001) -Megatranssects in Upper Guinea: how forest inventory data can be processed into a gradient map. In: Robbrecht & al. (eds.) Proceedings of XVIth AETFAT Conference, August 2000, Meise, Belgium.

Vincent, A., Buchet, G., Elenga, H., Fournier, M., Martin, L., de Namur, C., Schwartz, D., Servant, M. & Wirmann, D. 1994. -Histoire et Changement majeur de la végétation du lac Sinnda (vallée du Niari, Sud-Congo) consécutif à l'assèchement climatique holocène supérieur: apport de la palynologie. *C. R. Acad. Sci. Paris, Serie 2*,

Whittaker, R.H., 1953. -A consideration of the climax theory as a population pattern. *Ecological monographs*, 23, 41-78.

White, L.J.T. & Edwards, A. 2001. -Conservation en forêt pluviale africaine. Méthodes de recherche. Wildlife Conservation Society, New York, U.S.A., 456 p.

Yongo O. (2002) -Contribution aux études floristiques, phytogéographiques et phytosociologiques de la forêt de Ngotto (République centrafricaine). Thèse de Doctorat, Université de Lille 2 et Université Libre de Bruxelles, 346 p.

Zobi I.C., 2002 –Contribution à la gestion sylvicole des forêts humides ivoiriennes à travers l'analyse des dispositifs permanents de Mopri et Irobo. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1, 161p.