

Caractéristiques physiologiques et pédo-morphologiques des groupements végétaux de forêts denses de UMA en République démocratique du Congo

[Physiological and pedo-morphological characteristics of vegetation communities of UMA dense forests in the Democratic Republic of the Congo]

Jean-Paul K. Shaumba¹, Jean Lejoly², Hyppolite S.M. Nshimba¹, M.B. Ndjele¹, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua³⁻⁴⁻⁵

¹Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 2012, RD Congo

²Université Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles, Belgium

³Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, RD Congo

⁴Université de Gbadolite, Province du Nord Ubangi, RD Congo

⁵Institut Supérieur Pédagogique d'Abumombazi, Province du Nord Ubangi, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study was undertaken with the aim of to characterize, according to physiognomic point of view, the vegetation communities in the UMA forest and to evaluate the influence of physico-chemical and pedo-morphological parameters in the spatial organization of floristic diversity in the UMA forest. Five vegetation communities were identified in the UMA forest which sharing many common species. The restriction of certain species of plots belonging to the diameter class ≥ 50 cm show a variation even on the level of arborescent layers in this forest. The floristic variability is mainly explained by the soil humidity in the Limbali mono-dominant vegetation communities in the western part. In the eastern part, it is explained by the pH, the conductivity and the soil depth in the heterogeneous vegetation communities. However, in the transition forest, it is explained by the retention of the soil phosphorus. The UMA forest is classified among the semi-deciduous dense heterogeneous forests. The identified vegetation communities are inserted in the alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 and *Oxystigma-Scorodophleion* Lebrun & Gilbert 1954 in the class of *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954. The Guinean-Congolese element represents more than 82% of listed species, of which the endemic species of the center of Guinean-Congolese endemism accounts for at least 90% of species. The presence of Afro-American elements (2%) shows stochastic transgression. The sedentary species are abundant in the plant communities of the Western part, while the pioneers and cicatricial species are abundant in the plant communities of the Eastern part.

KEYWORDS: Ecological niche, chorological characters, phytosociological taxonomy, Tshopo, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Le présent travail a été réalisé dans le but de caractériser du point de vue physiologique, les groupements végétaux dans la forêt de UMA et d'évaluer l'influence des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques dans l'organisation spatiale de la diversité floristique dans cette forêt. Cinq groupements végétaux ont été identifiés dans la forêt de UMA partageant un grand nombre d'espèces communes. La restriction de certains groupes des relevés appartenant à la classe de diamètre ≥ 50 cm montre une variation même au niveau de strates arborescentes dans cette forêt. La variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali à l'Ouest. À l'Est, elle est expliquée par le pH, la conductivité et la profondeur du sol dans les groupements végétaux hétérogènes. Cependant, dans la forêt de transition, elle est expliquée par la rétention du phosphore du sol. La forêt de UMA est classée parmi les forêts hétérogènes denses semi-décidues. Les groupements végétaux qui y sont identifiés sont insérés

dans les alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 et *Oxystigma-Scorodophleion* Lebrun et Gilbert 1954 dans la classe *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954. L'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées, dont l'espèce endémique du centre d'endémisme guinéo-congolais représente au moins 90% d'espèces.

La présence d'éléments Afro-américains (2%) démontre de la transgression stochastique. Les espèces sédentaires sont abondantes dans les groupements végétaux de l'Ouest, tandis que les espèces pionnières et cicatricielles sont abondantes dans les groupements de l'Est.

MOTS-CLEFS: Niche écologique, caractères chorologiques, taxonomie phytosociologique, Tshopo, République démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La République démocratique du Congo est une région biogéographique à haute valeur pour la conservation de la biodiversité et est riche en espèces tant animales que végétales. Elle se caractérise par sa très grande diversité spécifique [1-16]. Cette grande diversité est sans doute liée à la complexité de sa forêt par l'intermédiaire de très nombreuses interactions entre le peuplement arborescent et toutes les autres composantes de l'écosystème (faune, flore, microorganismes, champignons, sol, etc.). Dans le cas particulier des forêts classées, connaître les causes de la diversité spécifique est une étape importante pour la gestion et la conservation des communautés d'arbres au sein de ces écosystèmes [17].

Il est bien établi qu'au sein d'un écosystème donné, chaque espèce a des exigences écologiques qui la différencient des espèces voisines d'un même peuplement. L'ensemble des différents paramètres (physico-chimiques, pédo-morphologiques, etc.) qui caractérisent ces exigences écologiques et permettant à une espèce de former des populations viables est appelé niche écologique. A cet effet, deux espèces ayant les mêmes besoins (la même niche écologique ou fonction) ne peuvent cohabiter et l'une est éliminée au bout d'un certain temps selon le principe de Gause (exclusion compétitive). Ainsi, deux espèces qui cohabitent ont donc des niches écologiques différentes, au moins en partie [18].

Les mécanismes particuliers qui permettraient à un grand nombre d'espèces de coexister tirent leur fondement dans nombreuses théories avancées, c'est notamment le cas de l'hypothèse d'équilibre des communautés. Selon le modèle déterministe, la distribution des espèces à l'intérieur d'un environnement hétérogène et les corrélations entre les attributs environnementaux et d'abondance des espèces peuvent être attribués aux différences fonctionnelles entre chaque espèce. Cependant, d'autres théories suggèrent plutôt que les espèces sont identiques et d'égaux compétiteurs per capita. Toutes les espèces peuvent ainsi se développer sur un site donné, faisant en sorte que la composition de la communauté est déterminée largement par la dispersion stochastique des individus. Ainsi donc, l'abondance des espèces d'une communauté suit une dérive stochastique alors que la diversité suit un équilibre dynamique entre l'extinction des résidents et l'apparition de nouveaux individus par immigration ou spéciation [19, 20].

En considérant ces deux théories séparément, il est donc difficile d'expliquer cette variation floristique due aux facteurs abiotiques (approche déterministe) ni d'expliquer la corrélation positive qui existe entre la probabilité de survie des semences et la distance les séparant des parents ou des individus de la même espèce [21]. En outre, même dans un habitat apparemment homogène, les espèces sont rarement distribuées de manière aléatoire, elles tendent plus à se regrouper [22].

La présente étude est une contribution à la connaissance des facteurs qui déterminent/influencent l'organisation spatiale de la diversité floristique dans la forêt de UMA. Il a pour objectif de caractériser du point de vue physiologique, les différentes formations forestières de UMA et d'apprécier l'impact des facteurs physico-chimiques et pédo-morphologiques sur leur diversification biologique. Il est ici question de vérifier si ces paramètres expliqueraient la discontinuité des groupements végétaux dans tous les compartiments structuraux analysés. Autrement dit, confirmer si la complexité morpho-paysagère observée dans la forêt de UMA est-elle une expression de la variabilité des conditions environnementales liées à la nature des sols. A cet effet, on peut émettre l'hypothèse qu'il n'existe pas a priori une similarité floristique intra et inter groupements végétaux à UMA (hypothèse nulle).

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDES

Les données floristiques et environnementales ont été collectées dans la forêt de UMA (située entre 0° 34' latitude Nord et 25° 54' longitude Est, altitude : 465 m). Elle est située sur la route nationale 4 à environ 79 à 97 km de la ville de Kisangani.

On rencontre à UMA de divers types de formations végétales notamment les jachères, les formations secondaires matures ou hétérogène de transition, des formations mono-dominantes sur sable blanc et sur sol hydromorphe, des formations hétérogènes sur sol sableux et sur sol argileux. On signale aussi à UMA la présence des chaînes des Inselbergs qui s'élèvent à plus ou moins 800 mètres (figure 1).

La forêt d'UMA fait partie de la zone climatique du type Af; du point de vue phytogéographique, UMA fait partie du secteur forestier central [23]. Le territoire est rattaché géographiquement et climatiquement au district du bassin Centro-oriental de la Maïko, Domaine Congolais, dans la région Guinéo-congolaise [24].

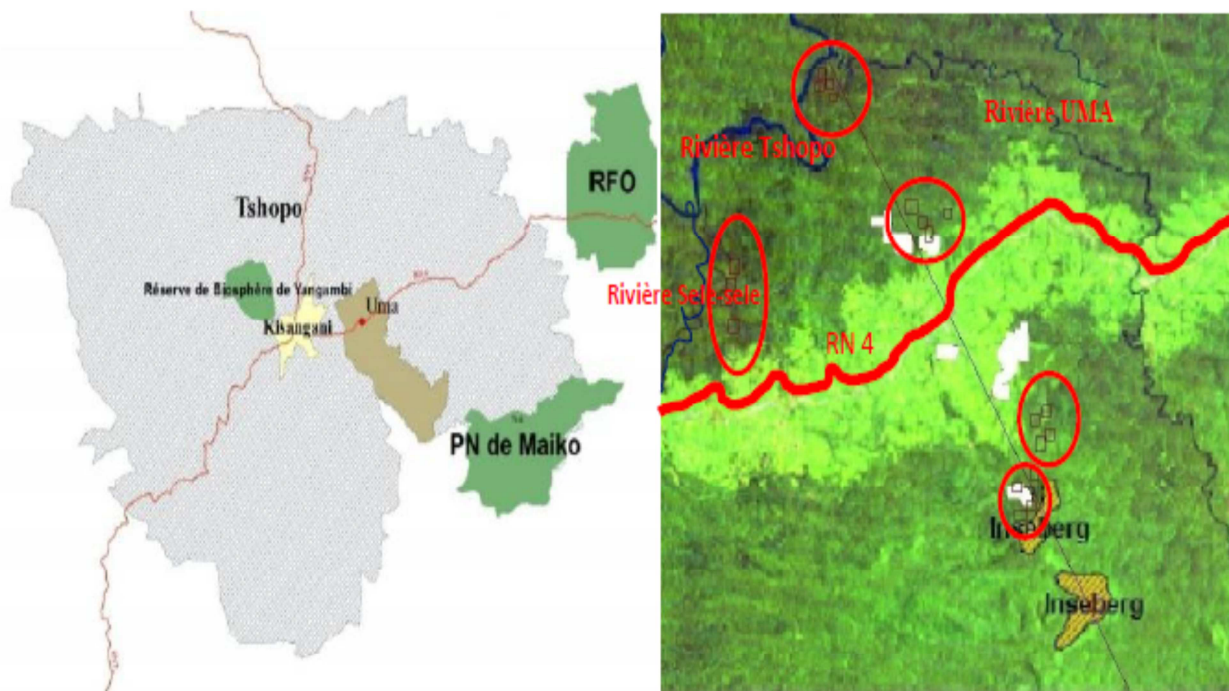


Figure 1 : (a : gauche) Localisation du terroir forestier de UMA par rapport aux Parcs nationaux et Aires protégées (PN de Maïko: Parc National de Maïko ; RFO : Réserve de Faune à Okapi ; Réserve de la Biosphère de Yangambi) ; (b : droite) Situation de 40 relevés phytosociologiques réalisés au cours de la présente étude dans la forêt d'UMA.

2.2 MÉTHODES

Le choix de l'emplacement des parcelles de relevés emboîtés (stratifiées) a été guidé par la physionomie générale de la végétation et l'aspect physique et/ou morphologique du sol. Deux strates ont été retenues à cet effet, la strate des arbres dominants et émergents et la strate intermédiaire (strate des dominées et Co-dominants). 40 relevés phytoécologiques ont constitué l'essentiel de cette étude. Le choix de ces deux strates est justifié par le but de tester la discontinuité de la variance floristique entre les deux strates retenues. La strate supérieure comprend des individus à [DBH $\geq$ 50 cm], la strate dominée comprend des individus à [DBH $\geq$ 10 cm < 40 cm] par rapport aux formations forestières ou groupements végétaux identifiés. Tous ces relevés stratifiés ont été réalisés après la prospection générale le long d'un transect de plus ou moins 14 km traversant tout cet écosystème de l'embouchure de la rivière UMA à la rivière Tshopo, jusqu'au-delà de l'Inselberg dans le but d'apercevoir quantitativement les variations des groupements végétaux dans cet écosystème.

La classification des relevés a été faite en fonction de cluster ordi du Coa-dudi du logiciel R. Cette approche permet de distinguer les groupes de relevés sur la base de distance floristique entre relevés des groupements végétaux. L'ordination des relevés a été faite à l'aide de l'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC). L'AFC permet de résumer le tableau en déterminant les principaux axes de structuration qui fournissent une bonne approximation de la réponse des espèces à un facteur environnemental [25].

L'identification des espèces indicatrices de chaque groupement végétal, a été faite à l'aide des calculs de l'indice de valeur indicatrice (IV) de chaque espèce [26]. Une espèce est considérée comme indicatrice d'un groupement végétal donné si elle lui est fidèle (c'est-à-dire absente ou moins fréquente dans d'autres groupement végétal) et constante (c'est-à-dire

présente dans la majorité des placettes de ce peuplement). L'importance écologique de chaque espèce identifiée a été faite à l'aide de l'Indice de Valeur d'Importance (Importance Value Index, IVI) [27].

La similarité floristique intra et inter-groupement a été évaluée à l'aide de l'indice de Morisita-Horn (M-H). L'indice MH représente le rapport entre la probabilité que deux individus tirés au hasard dans deux groupements appartiennent à la même espèce et la probabilité que deux individus tirés au hasard dans le même groupement appartiennent à la même espèce. Il varie de 0 à 1; deux strates forestières sont floristiquement différentes si MH tend vers 0 (soit toutes les valeurs < 0,5) et identiques si MH tend vers 1 (soit toutes les valeurs $\geq 0,5$; valeur proche de 1) [28].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 REGROUPEMENT DES RELEVÉS FLORISTIQUES

3882 arbres appartenant à 200 morpho-espèces différentes et, réunis dans 137 genres regroupés dans 42 familles ont été recensés. La classification des relevés sur base de la distance euclidienne a permis de regrouper à partir de 1.5 deux groupes de relevés dont le premier groupe rassemble 16 relevés des peuplements mono-dominants et le second groupe rassemble 24 relevés des peuplements perturbés (Figure 2). A partir de la distance 1.0, les 16 relevés des peuplements mono-dominants se scinde en deux sous-groupes de 11 relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1) et 5 relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2). Les 16 relevés des peuplements perturbés se scinde en 3 sous-groupes des relevés dont 8 relevés des peuplements hétérogènes perturbées à *Pericopsis elata* sur sol argileux (FHp_1), 8 relevés des peuplements hétérogènes à *Julbernardia seretii* et *Uapaca guineensis* de piedmont sur éboulis rocheux (FHp_2) et 8 relevés des peuplements de transition à *Julbernardia seretii* sur sol sableux (F_T). Du point de vue floristique, les groupements des relevés des peuplements de transition sont floristiquement proche des peuplements mono-dominants à Limbali.

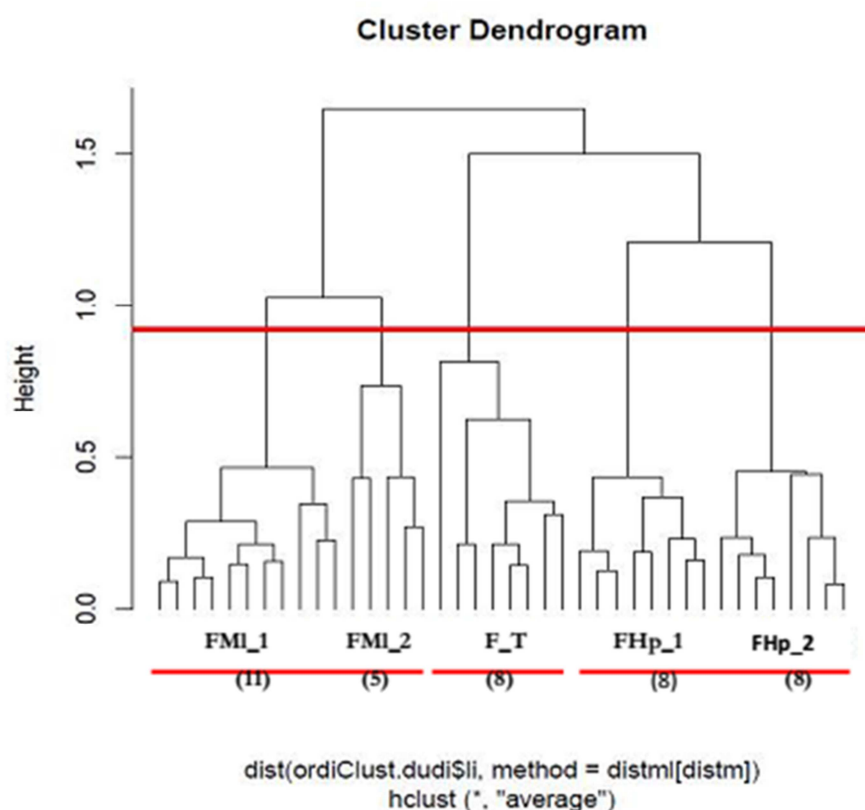


Figure 2: Dendrogramme représentant cinq groupements de peuplement végétal.

[FMI : forêts mono-dominantes à Limbali, F_T : forêt de transition, FHp : forêt hétérogène perturbée à UMA). Les valeurs entre parenthèses indiquent le nombre de relevés. Les valeurs de distance d'OrdiClust varient entre 0 et 1.5].

3.2 ORDINATION

L'analyse canonique de correspondance (CCA) réalisée sur le tableau croisé des parcelles des relevés x espèces (Eigenvalues : 0.43, 0.29, 0.22, 0.18 et 0.15) expriment plus ou moins 73% de l'inertie totale. L'axe 2 sépare les parcelles des peuplements mono-dominants à Limbali de parcelles des peuplements hétérogènes (Figure 3). L'axe 1 fait apparaître une certaine variabilité dans les peuplements mono-dominants à Limbali et hétérogènes à *Pericopsiselata*. Par ailleurs, un petit nombre d'espèces sont uniquement représentées dans les peuplements des individus à DBH ≥ 50 cm. Par contre, on remarque que la grande majorité d'espèces sont à la fois représentées parmi les peuplements à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et DBH $\geq 50 \text{ cm}$ (Figure 4).

La contribution de ces deux types d'inventaires (peuplements à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et DBH $\geq 50 \text{ cm}$) au regroupement des relevés et ordination des peuplements d'arbres dans cette forêt de UMA se rapprochent. L'analyse réalisée à partir des relevés d'arbres du peuplement à DBH $\geq 50 \text{ cm}$ et des relevés d'arbres des peuplements à DBH compris entre $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} \leq 40 \text{ cm}$ séparément montre que les deux types d'inventaires forment des groupements suivant l'axe 1 et 2.

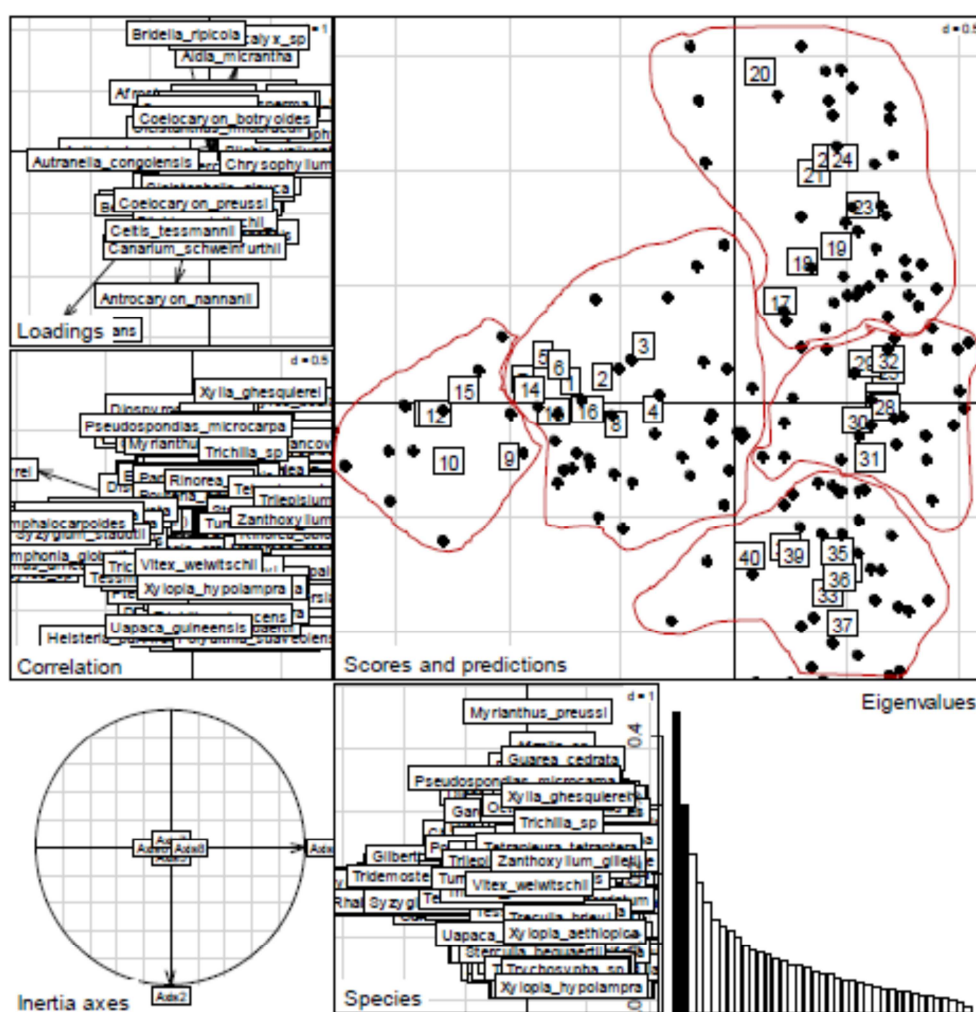


Figure 3: Projection sur le plan factoriel les résumés des diagrammes de la CCA de 200 morpho-espèces et 3882 arbres sur le plan canonique des axes 1 et 2.

[les relevés 9, 10, 12, 14 et 15 constitue le groupement des relevés des peuplement mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2); les relevés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13 et 16 appartiennent au groupement des relevés des peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1); les relevés 21, 22, 18, 17, 19, 20, 23 et 24 appartiennent au groupement des relevés des formations de transition (F_T); les relevés 34, 35, 36, 39, 40, 33, 37 et 38 appartiennent aux relevés des formations hétérogènes de piedmont (FHp_2); les relevés 25, 28, 26, 27, 30, 31, 29 et 32 appartiennent aux groupement des relevés des formations hétérogènes perturbées à *Pericopsiselata* sur sol argileux FHp_1).

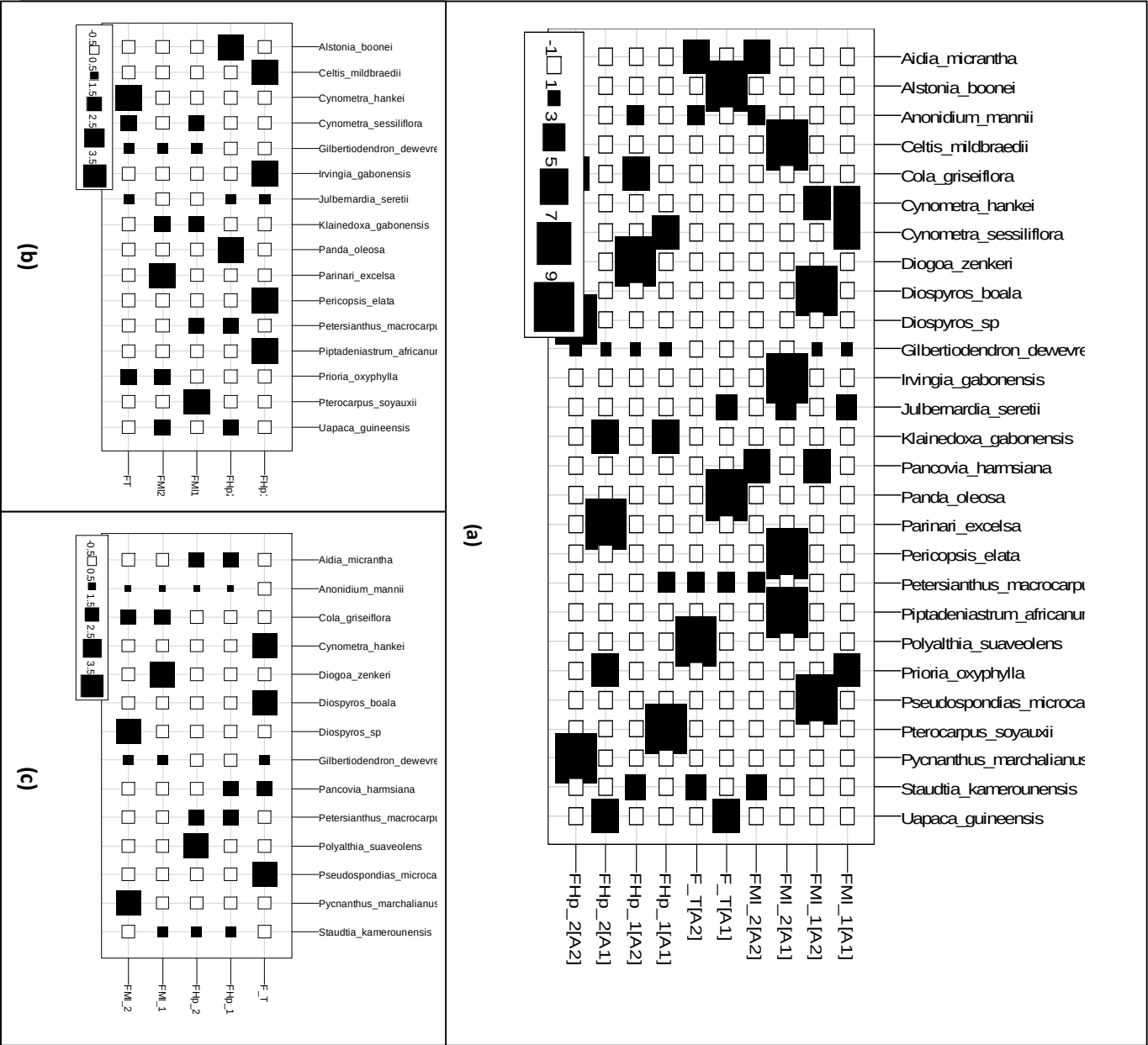


Figure 4 : Projection des espèces de forte valeur indicatrices sur le diagramme de la corrélation canonique (CCA) pour l'ensemble des formations et par types des peuplements arbres.

(a) Espèces de fortes IVI de peuplements à 10 cm ≤ DBH < 50 cm et DBH ≥ 50 cm ; (b) Espèces de fortes IVI de peuplements à 10 cm ≤ DBH < 50 cm ; (c) Espèces de fortes IVI de peuplements à DBH ≥ 50 cm ; [A1] : peuplement d'arbre de DBH ≥ 50 cm; [A2] : peuplements d'arbre de 10 cm ≤ DBH < 50 cm.

3.3 INDIVIDUALISATION DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX PAR L'CCA

Cinq groupements végétaux ont été mis en évidence sur le plan canonique de correspondance pour l'ensemble des relevés (Figure 3), elles confirment les résultats de regroupement floristique des relevés et leur hiérarchisation en classe. La classification hiérarchique est dichotomique et se divise en branches. La première division sépare les relevés floristiques en deux groupes de 16 et de 24 relevés. Les espèces discriminantes sont respectivement *Pycnanthus marchalianus*, *Lasiodiscus mannii*, *Coelocaryon preussii*, *Cleistanthus mildbraedii*, *Funtumia elastica*, *Beilschmiedia congolana*, *Berlinia bracteosa* pour les relevés des peuplements mono-dominants et *Julbernardia seretii*, *Cynometra hankei*, *Drypete ssp*, *Irvingia gabonensis*, *Pericopsis elata*, *Dialium excelsum*, *Celtis mildbraedii*, *Alstonia boonei*, *Garcinia punctata*, *Xylopia aethiopica* et *Funtumia africana* pour les peuplements des hétérogènes. Au niveau du second niveau de division, l'arborescence de 16 relevés donne naissance à deux peuplements végétaux de cinq relevés (FMI_2) qui se distinguent de 11 relevés (FMI_1) par la présence des espèces *Uapaca guineensis*, *Dialium pachyphyllum*, *Garcinia cola*, *Didymosalpinx lanciloba*, *Trichilia welwitschii*, *Syzygium staudtii*, *Diospyros gillettii*, *Isolona hexaloba*, *Desplatsia dewevrei*, *Nauclea pobeguini*, *Rhabdophyllum arnoldianum*, *Dracaena arborea*, *Dichostem maglauescens*, *Napoleona septentrionalis*, *Barteriani gritana* et *Oncoba crepiniana*. Les espèces ci-après sont différentielles de 11 relevés (FMI_1) : *Trilepisium madagascariense*, *Pycnanthus angolensis*, *Pseudospondias microcarpa*, *Copaiferamild braedii*, *Diospyros ituriensis*, *Drypetes louisii*, *Guarea thompsonii*, *Beilschmiedia congolana*, *Piptadeniastrum africana*, *Musanga cecropioides*, *Synsepalum subcordatum*, *Cleistopholis glauca*, *Diospyros crassiflora*, *Vitex welwitschii*, *Pancovia harmsiana*, *Cynometras siliflora*, *Prioria balsamifera*, *Pouteria robusta*, *Pouteria altissima*, *Macaranga monandra* et *Turraeanthus africanum*. Les peuplements végétaux présents dans les peuplements mono-dominants sont les suivants :

- Le groupement FMI_1 (11 relevés) à *Gilbertiodendron dewevrei* et *Cola griseiflora*. Le groupement se singularise par la présence des arbres aux feuillages sempervirents toute l'année (*Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyros boala*). Ses strates intermédiaires sont marquées par la présence des quelques éléments semi-décidue (*Pycnanthus angolensis*, *Cola griseiflora*) et des éléments caractéristiques des formations matures (*Staudtia kamerounensis*, *Anonidium mannii*, *Diogoia zenkeri*, *Polyalthia suaveolens*, *Heisteria parvifolia*, *Diospyros boala* et *Pancovia harmsiana*) couvrent la strate inférieure.

- Le groupement FMI_2 (5 relevés) à *Diospyros sp* et *Gilbertiodendron dewevrei*. Le groupement se singularise par la présence des espèces habituellement rencontrées sur sol humide (*Strombosiaopsis tetrandra*, *Uapaca guineensis*, *Santiria trimera*, *Pterocarpus soyauxii*, *Pycnanthus marchalianus*, *Phyllocosmus africanus*, *Lasiodiscus mannii*, *Symphonia globulifera*, *Cleistanthusmild braedii*, *Manilkara sp*, *Coelocaryon preussi* et *Hallea stipulosa*) et de *Sclerosperma mannii*.

L'arborescence de 24 relevés donne naissance aux groupements végétaux F_T (8 relevés), forêt hétérogène perturbée 1 : FHp_1 (8 relevés) et forêt hétérogène perturbée 2 : FHp_2 (8 relevés). *Afrostryax lepidophyllus*, *Afzeliabipendensis*, *Allanblackiafloribunda*, *Amphanocalyxsp*, *Antidesmalaciniatum*, *Antrocaryonnan nanii*, *Baphia dewevrei*, *Brachystegia laurentii*, *Bridelia ripicola*, *Combretum lokele*, *Diospyros alboflavescens*, *Entandrophragma cylindricum*, *Ficus mucoso*, *Garcinia smeathmannii*, *Gardenia imperialis*, *Hallea stipulosa*, *Homalium africanum*, *Marantes glabra*, *Memecyloncin namomoides*, *Millettia drastica*, *Monodora myristica*, *Myrianthus preussii*, *Pentaclethra macrophylla*, *Pradosia spinodenthata*, *Pseudospondias longifolia*, *Pterygotabe quaertii*, *Sterculia bequaertii*, *Trichilia rubenscens*, *Tridemoste monomphalocarpoides*, *Uapaca guineensis*, *Rinorea sp* et *Xylopia hypolampra* sont les principales espèces différentielles

- le groupement FHp_1 à *Julbernardia seretii* et *Pericopsis elata* (8 relevés), il rassemble à la fois certaines espèces sempervirentes (*Gilbertiodendron dewevrei*, *Diospyrosboala* et *Coelocaryon botryoides*) et semi-caducifoliés (*Cynometra hankei*, *Cynometra sessiliflora*, *Drypetes sp*, *Diospyros ituriensis*, *Xyliaghes quirei* et *Cola griseiflora*), et celle des sous-bois originelles ou caractéristique des sous-bois des formations hétérogènes à la phase avancée de la maturité (*Myrianthuspreussii*).

- le groupement FHp_2 à *Petersianthus macrocarpus* et *Aidia micrantha* (8 relevés). Des espèces des forêts de terre ferme (*Polyalthia suaveolens*, *Staudtia kamerounensis*, *Julbernardia seretii*, *Dialium pachyphyllum* et *Panda oleosa*) et des espèces habituellement rencontrées sur sols gorgés d'eau souvent rencontrées dans les vallons et de quelques espèces caractéristiques des forêts secondaires âgées (*Strombosiaopsis tetrandra*, *Uapa caguineensis*, *Santiria trimera* et *Pterocarpus soyauxii*), des espèces de la famille des Rubiaceae et des Moraceae caractéristiques des milieux rocaillieux et saxicoles (*Psychotria sp*, *Rothmania sp*, *Craterispermum cerinanthum* et *Treculia bruyei*) et des espèces pionnières et cicatricielles *Macaranga spp*, *Ricinodendron heudelotii*, *Petersianthus macrocarpus* caractéristiques des forêts secondaires.

Les groupements de transitions est :

- le groupement F_T ou forêt mixte (8 relevés), à *Anonidiummannii*et*Pancoviaharmsiana*. Ce groupement est également caractérisé par la forte présence d'espèces cicatricielles de la succession secondaire (*Milicia excelsa*, *Musanga cecropioides*, *Pycnanthus angolensis*, *Entandrophragma utile*), des espèces pionnières (*Macaranga monandra*, *Croton haumanianus*,

Ricinodendron heudelotii), des espèces semi-décidue (*Pericopsis elata*, *Julbernardia seretii*, *Pycnanthus angolensis*) et des espèces résilientes après perturbation (*Celtismild braedii* et *Celtis tessmannii*).

Au vue de sa composition floristique, le groupement F_T peut-être positionné au rang des formations mixtes hétérogènes dont l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus importante en nombre (densité) dans la strate de dominée (A2). On retrouve à la fois des éléments sempervirents et semi-sempervirent dont *Gilbertiodendron dewevrei*, *Julbernardia seretii* et *Diospyros boala* présente dans la plupart des forêts rencontrées à UMA.

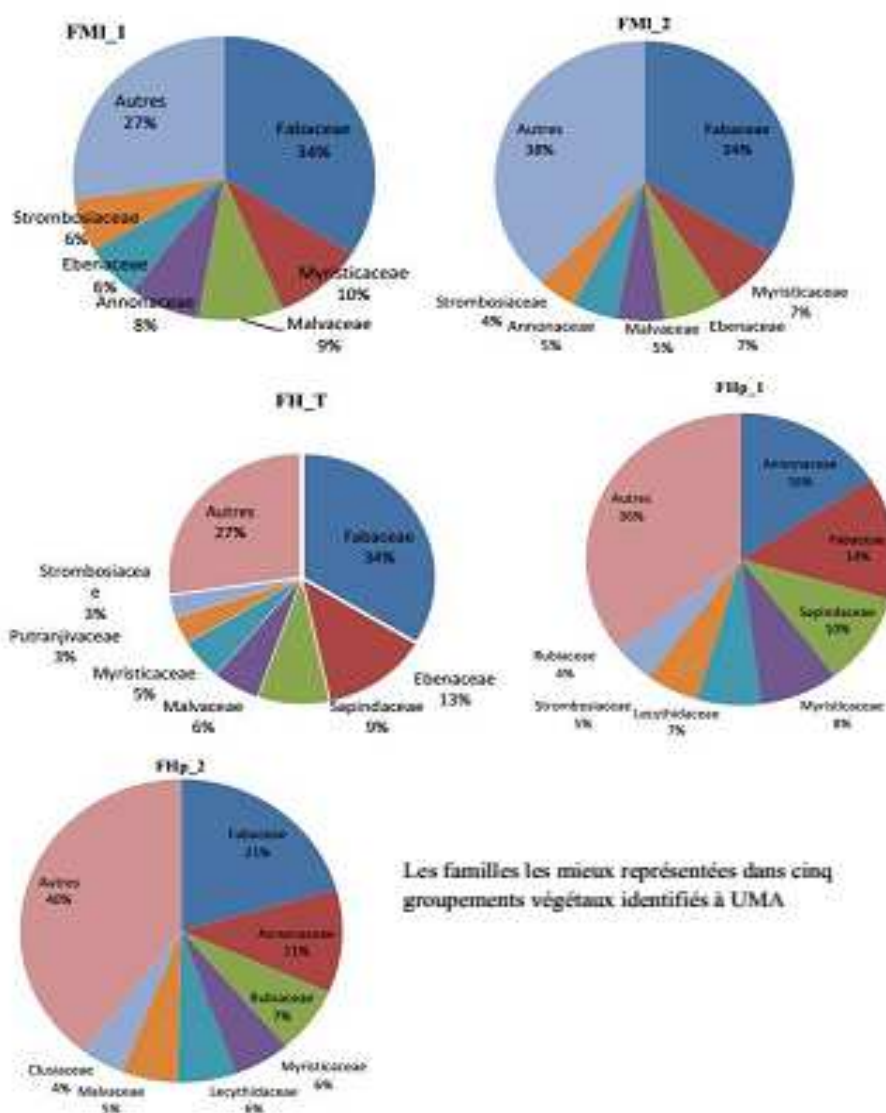
En définitive, la végétation des forêts d'UMA présente un gradient croissant des diversités spécifiques de groupements végétaux mono-dominants (FMI) à l'Ouest vers les groupements végétaux hétérogènes perturbés (FHp) à l'Est en passant par les groupements végétaux de transition ou forêt mixte.

En résumé, nous trouvons à UMA des forêts hétérogènes perturbées à l'Est, dont les éléments secondaires et semi-décidue prédominent ; des forêts mono-dominantes à Limbali à côté de *Julbernardia seretii* caractérisé par l'élément sempervirent, de forêt de transition à l'intérieure de laquelle l'élément *Gilbertiodendron dewevrei* domine en nombre dans sa strate des arbres dominés. Sur le plan physiologique, la canopée est discontinue, de vastes chablis à rotang (*Oncoacalamus mannii*, *Laccosperma secundiflorum*) sont présents essentiellement dans les groupements hétérogènes et dans la forêt de transition (forêt mixte). Dans les groupements des peuplements mono-dominants, l'espèce *Sclerospermamannii* (Arecaceae) utilisée par la population locale pour couvrir la toiture des cases caractérise le sous-bois humide gorgé d'eau dans le sol, on retrouve également des éléments semi-décidue (*Prioria oxyphylla* et *Pterocarpus soyauxii*) la canopée est moins jointive et discontinue. Certaines espèces bien que n'étant pas typiquement Guinéo - congolaises, y sont aussi représentée (*Barteria nigritana*, *Chrysophyllum africanum*, *Lasiodiscus mannii*).

3.4 RICHESSE ET DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Le groupement végétal FHp_2 est plus riche en espèce, en genres et en familles : 135 espèces, 103 genres, 34 familles et de diversité ($\alpha = 37,48$). Par contre le groupement FMI_1 est faiblement diversifié ($\alpha = 15,97$) (Tableau 2). La famille des Fabaceae (Fabaceae, Mimosaceae et Caesalpinaceae) inclue compte en particulier 51% du total des familles inventoriées dans cette forêt (Figure 5), l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* occupe la première position en nombre d'individus inventoriés dans 3 groupements végétaux différents dans cette forêt : la FMI_1 (29,74 %), FMI_2 (27,70 %) et FH_T (10,12 %). Par contre, *Anonidium mannii* (11,95%), *Pancovia harmsiana* (8,45%) et *Petersianthus macrocarpus* (6,65%) sont plus abondantes dans le groupement végétal FHp_1 et des espèces *Aidiamicrantha* (6,47%), *Anonidium mannii* (5,92%), *Petersianthu smacrocarpus* (5,81%), *Polyalthia suaveolens* (4,50%) sont abondantes dans le groupement végétal FHp_2.

La figure 5 donne les familles les mieux représentées dans cinq peuplements végétaux identifiés à UMA.



Les familles les mieux représentées dans cinq groupements végétaux identifiés à UMA

Figure 5 : Les familles les mieux représentées dans cinq peuplements végétaux identifiés à UMA.

Du point de vue importance écologique dans les groupements végétaux individualisés à UMA, *Gilbertiodendron dewevrei* présente des valeurs d'IVI les plus importantes dans trois groupements végétaux (IVI = 21,07% dans le groupement végétal FMI_1 ; IVI = 13,82% dans le groupement végétal FMI_2 et IVI = 4,07% dans le groupement végétal F_T). *Julbernardiaseretii*, *Petersianthus macrocarpus* dans les groupements végétaux FHp_1 et FHp_2.

Sur le plan dynamique, *Julbernardia seretii* avec *Gilbertiodendron dewevrei* sont caractéristiques de la canopée de la forêt mono-dominante indicatrice de stade avancé ou climax des groupements végétaux. *Petersianthus macrocarpus* est l'espèce de la forêt en évolution ou stade de succession secondaire, elle présente des valeurs d'importance de (IVI = 2,24 %) dans la FHp_1 et (IVI = 3,19 %) dans la FHp_2. Elle forme avec *Uapaca guineensis* (IVI = 2,81%) des peuplements hétérogènes dans le groupement végétal FHp_2.

Le tableau 2 donne les paramètres de diversité caractérisant les groupements végétaux individualisés.

Tableau 2 : Paramètres de diversité de différents groupements végétaux à UMA

Paramètres floristiques	FMI_1	FMI_2	F_T	FHp_1	FHp_2
Nombre d'individus	956	397	731	887	911
Richesse spécifique	84	68	104	96	135
Nombre de genres	67	55	79	74	103
Nombre de familles	31	29	32	32	34
Indice de diversité alpha de Fisher (α)	15,97	19,19	23,24	25,19	37,48

Il ressort de ce tableau 2 que les peuplements végétaux mono-dominants présentent des faibles valeurs de richesse spécifique, de nombre de genres, de familles et de diversité alpha (α) par rapport aux groupements hétérogènes à UMA.

3.5 SIMILARITÉ FLORISTIQUE ET ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

SIMILARITÉ FLORISTIQUE ENTRE GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

L'indice de similarité de Morisita-Horn (MH) a été utilisé pour tester la similarité entre relevés des groupements végétaux individualisés. On note une forte similarité floristique entre peuplements végétaux mono-dominants dans la forêt de UMA : FMI_1 et FMI_2 (MH = 94,12 %) ; entre peuplements végétaux hétérogènes perturbés : FHp_1 et FHp_2 (MH = 68,54 %). Nous avons aussi constaté qu'il y avait similarité floristique entre peuplements végétaux de transition (F_T) et peuplements mono-dominants à Limbali sur sol hydromorphe (FMI_2) (MH = 53,22%); entre peuplements de transition (F_T) et peuplements mono-dominants à Limbali sur sable blanc (FMI_1) (MH = 50,39 %). Par contre, les peuplements végétaux de transition ne sont pas similaires aux peuplements végétaux hétérogènes perturbés sur sol argileux (MH = 49,97%) et peuplement hétérogène perturbés de piedmont (MH = 37,11%) comme l'indique la matrice de similarité de MH entre différents groupement végétaux identifiés à UMA (tableau 3).

Tableau 3 : Matrice de similarité de Morisita-Horn pour l'ensemble des groupements identifiés dans la forêt d'UMA

	FMI_1	FMI_2	F_T	FHp_1	FHp_2
FMI_1	1	0.941232	0.532208	0.214642	0.209133
FMI_2	0.941232	1	0.503924	0.167514	0.199292
F_T	0.532208	0.503924	1	0.499777	0.371194
FHp_1	0.214642	0.167514	0.499777	1	0.68542
FHp_2	0.209133	0.199292	0.371194	0.68542	1

L'analyse de la variance floristique entre peuplements végétaux a été utilisée en vue de vérifier s'il existe une discontinuité de la similarité floristique entre différents groupements végétaux identifiés. Le test de la variance floristique entre peuplements végétaux individualisés montre qu'il existe une différence significative entre peuplements végétaux (inventaire global : $F = 18,462$; $p < 0,01$; peuplements végétaux d'arbres de $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$: $F = 4,9674$; $p < 0,05$ et peuplement végétaux de $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$: $F = 6,036$; $p < 0,05$).

ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX INDIVIDUALISÉS

Nous avons identifié 31 espèces caractéristiques de la FMI_1 et 30 espèces caractéristiques de la FMI_2; 28 espèces caractéristiques de la F_T du centre, 33 espèces caractéristiques de la FHp_1 et 32 espèces caractéristiques de la FHp_2 (Annexe 1).

Sur l'ensemble des formations, *Gilbertiodendron dewevrei* est la plus abondante, elle affiche la valeur indicatrice la plus élevée dans l'ensemble des peuplements végétaux mono-dominants à savoir FMI_1 (IV = 90%) et FMI_2 (IV = 90%). Par contre, dans les peuplements hétérogènes, *Gilbertiodendron dewevrei* représente 27,73% dans le peuplement végétal F_T. Les espèces *Anonidium mannii* (IV = 28,45%), *Pancovia harmsiana* (IV = 20,13%), *Petersianthus macrocarpus* (IV = 15,85%), *Staudtia kamerounensis* (IV = 10,73%) montrent des valeurs indicatrices les plus élevées dans le groupement végétal FHp_1. Tandis que les espèces *Aidia micrantha* (IV = 12,16%), *Anonidium mannii* (IV = 11,13%), *Petersianthus macrocarpus* (IV = 10,92%) et *Polyalthia suaveolens* (IV = 8,4%) donnent les valeurs indicatrices le plus élevées dans le groupement végétal FHp_2.

L'analyse de la variance floristique des peuplements arbres affiche en générale une différence significative ($F = 650,477$; $p < 0,001$) entre peuplement à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50 \text{ cm}$ et peuplement végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$.

3.6 CORRÉLATION ENTRE PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL ET GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les paramètres physico-chimiques et pédologiques du sol ont montré des effets sur la variance floristique (tableau 5), l'analyse canonique des correspondances (CCA) a permis de tracer le graphique de la corrélation entre paramètres physico-chimiques du sol et les variabilités floristiques observées (Figure 6). Les deux premiers axes expliquent 61,46 % de la relation espèces-paramètres physico-chimiques du sol.

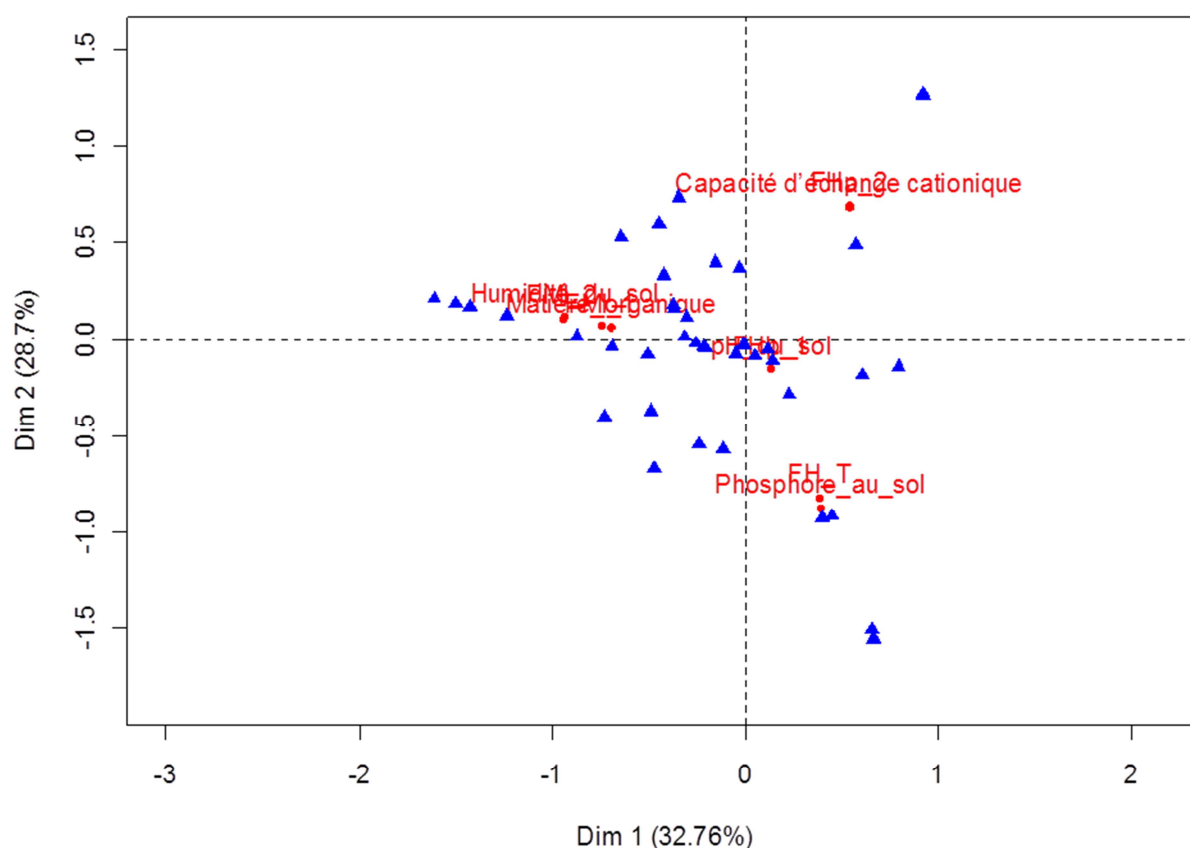


Figure 6 : Ordination des groupements végétaux par l'analyse canonique de correspondance

L'axe1 est fortement corrélé négativement avec l'humidité et la matière organique. Le deuxième axe canonique est plus corrélé positivement avec la capacité d'échange cationique mais, corrélée négativement avec le phosphore du sol (Tableau 3).

Tableau 3 : Corrélation entre axe d'ordination, ensembles structuraux et les paramètres physico-chimiques du sol.

Paramètres	Axis 1	Axis 2
Capacité d'échanges cationiques	46.806	60.178
pH du sol	11.635	-19.862
Humidité du sol	-90.427	14.51
Phosphore du sol	29.742	-79.679
Matière organique	-76.413	2.1282

Le tableau 4 donne les valeurs propres ainsi que les pourcentages de variances expliquées par les quatre premiers axes d'ordination de la CCA.

Tableau 4 : Valeurs propres et pourcentages de variances expliquées par les 4 premiers axes d'ordination de la CCA.

Axes	1	2	3	4
Eigenvalues	0.254	0.198	0.150	0.118
% du total	29.356	22.892	17.376	13.622
% cumulé de la variance d'espèces	29.356	52.248	69.624	83.246

Le test de Rank de Friedman en vue de vérifier la significativité de l'hypothèse (H0 : la variance floristique observée dans la forêt de UMA est dépendante des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol) indique que cette hypothèse est pertinente ($p < 0,05$).

Dans les peuplements mono-dominants à Limbali, la variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol. Dans les groupements végétaux hétérogènes, elle est expliquée par le pH, la capacité d'échanges cationiques et le phosphore du sol (Tableau 5).

Tableau 5 : Analyse de la variance des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol ($P < 0,0001$)

Variables	F value	P
Sable	49,044	8.472e-13***
Argile	67,464	0.0009974***
Humidité	206,76	2.2e-16***
Matière organique	26,552	3,086e-09***
Phosphore	79,304	2.2e-16***
Ph	554,79	2.2e-16***
Capacité d'échanges cationiques	273,12	2.2e-16***

3.7 SPECTRES PHYTOGÉOGRAPHIQUE DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX.

Le district Centro-oriental de la Maïko auquel appartient la forêt de UMA, est caractérisé par une forte présence d'espèces endémiques [29], les espèces guinéo-congolaises (GC) prédominent ($> 90\%$), parmi lesquelles 65,10% d'espèces sont bas-guinéo-congolaises (BGC) et 25,61% sont omni-guinéo-congolaises (OGC). Les espèces de liaison représentent 2,46%, les espèces plurirégionales représentent 0,52% et les espèces congolaises représentent 6,24%. L'élément bas-guinéo-congolais et omni-guinéo-congolais est le mieux représenté dans l'ensemble des peuplements étudiés à UMA (Figure 7). Il existe une différence significative de spectre phytogéographique entre peuplements d'arbres identifiés dans les forêts de UMA.

L'analyse de la variance floristique (ANOVA à un seul facteur) révèle qu'il n'existe pas de différence significative de spectre phytogéographique : **AA**(Afro-américain) (inventaire global : $F = 2,6627$, $p\text{-value} > 0,001$ et $F = 11.4545$, $p\text{-value} > 0,001$) entre peuplement d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$.), **BGC** (inventaire global : $F = 3,1037$, $p\text{-value} > 0,001$), GC (inventaire global : $F = 0.8$, $p\text{-value} > 0,001$). Par contre, l'analyse de la variance floristique à un facteur révèle qu'il existe une différence significative de spectre phytogéographique : **AT** (inventaire global : $F = 9,7075$, $p\text{-value} < 0,001$ et $F = 27.7505$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$), CFC (inventaire global : $F = 20,667$, $p\text{-value} < 0.001$ et $F = 161.79$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$), **OGC** (inventaire global : $F = 6,2015$, $p\text{-value} < 0.001$ et $F = 409.58$, $p\text{-value} < 0.001$ entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplement végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$) et **BGC** (entre peuplements d'arbres à $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 50\text{cm}$ et peuplements végétaux à $\text{DBH} \geq 50 \text{ cm}$: $F = 846,62$, $p\text{-value} < 0.001$).

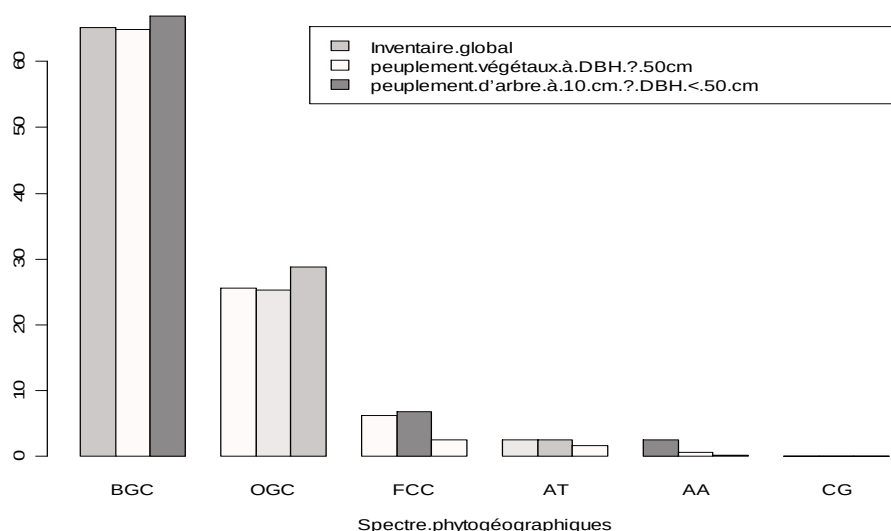


Figure 7 : Spectre phytogéographique des peuplements d'arbres identifiés

L'analyse de la variance a été faite pour vérifier l'hypothèse selon laquelle il existe une différence significative des spectres phytogéographiques entre différents groupements végétaux identifiés. Le résultat montre que $p\text{-Value} = 0,0025 > 0,001$ et le test de Shapiro-Wilk montre que $p\text{-value} = 0,456 > 0,05$.

Le test de Bartlett a permis de confirmer l'efficacité du test utilisé et indique que qu'il ya homogénéité de la variance ($p\text{-Value} = 0,001 < 0,05$). Ces résultats permettent d'accepter l'hypothèse nulle (H_0) et rejeter l'hypothèse alternative (H_1) qui stipule qu'il ya homogénéité de la variance au niveau de la distribution de spectre phytogéographique dans les groupements végétaux identifiés à UMA. Donc, la variance d'au-moins une des variables est différente de celles des autres.

3.8 TYPES FONCTIONNELS DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Les groupements végétaux rencontrés à UMA, sont à majorité riches en espèces sédentaires. L'illustration est faite ici par les groupements végétaux mono-dominants: FMI_1 (SéD = 96%) et FMI_2 (SéS = 68,6%). Par contre, le groupement hétérogène FHp_2 est riche en espèces pionnières et cicatricielles éphémères disséminées seules (PiS = 22,31%) et espèces pionnières et cicatricielles éphémères disséminées loin (PiD = 15,38%).

Les spectres fonctionnels sont significativement différents entre groupements végétaux ($p\text{-Value} = 0,732 > 0,001$) et le test de Shapiro-Wilk ($p\text{-value} = 0,00025 > 0,05$). Le test de Bartlett's pour vérifier l'homogénéité de la variance ($p\text{-Value} = 0,2907 > 0,05$) a permis de rejeter l'hypothèse nulle (H_0) et d'accepter l'hypothèse alternative (H_1) qui stipule qu'il n'ya pas d'homogénéité de la variance au niveau de la distribution de types fonctionnels dans les groupements végétaux identifiés à UMA. Donc, la variance d'au-moins une des variables est différente de celles des autres.

4 DISCUSSION

La présente étude a conduit à l'identification de cinq groupements végétaux différents à UMA. Pour arriver à ce résultat, nous avons à priori classé les relevés sur la base de distance euclidienne. Cette opération a révélé la restriction des certaines espèces des relevés à des groupements végétaux identifiés. Les résultats de l'AFC révèlent la présence de certaines espèces limitée dans certains groupes de relevés d'arbres à $DBH \geq 50$ cm. La faible distance floristique dans certains types d'inventaires d'arbres (de $10 \text{ cm} \leq DBH < 50 \text{ cm}$ et de $DBH \geq 50 \text{ cm}$) du fait du nombre élevé d'espèces largement distribuées dans le site entraîne des fortes variabilités floristiques à l'intérieur et entre groupements végétaux et ne permet pas de décider sans ambiguïté des limites entre groupements végétaux. Par contre, lorsqu'ils sont associés aux résultats de la classification, nous obtenons des groupements végétaux. Ces résultats nous place loin des situations observées par Parmentier dans ses études de la végétation des Inselbergs de la forêt dense d'Afrique centrale atlantique à l'issue desquelles les limites entre groupements végétaux sont visibles [30].

Dans certains groupes des relevés, les distances floristiques sont assez faibles, ce qui explique les chevauchements entre relevés de groupements végétaux. Les relevés les plus proches spatialement présentent des similarités floristiques [33], la distribution relative des abondances spécifiques et celle des similarités floristique à l'intérieure et entre groupements

végétaux sont proches à ceux obtenus dans la réserve forestière de Yoko et la MAB à Yangambi [31], à ceux obtenus dans la réserve du Dja au Cameroun [32, 33].

Sur le plan chorologique, l'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées. Les espèces endémiques du centre d'endémisme guinéo-congolais représentent au moins 90% d'espèces à UMA à l'intérieur duquel, l'élément guinéo-congolais représente plus de 50% d'espèces. Ces observations sont similaires à ceux observés à l'île Mbiye [34], en Guinée équatoriale [35], l'élément guinéo-congolais est abondant et occupe près de 49%. Outre les éléments guinéo-congolais, l'élément Afro-américain représente 2% d'espèces dans le groupement végétal FHp₂.

Sur le plan fonctionnel, les groupements végétaux identifiés dans la partie Ouest de la forêt de UMA montrent une équivalence fonctionnelle entre espèces sédentaires à fort potentiel de dissémination et espèces sédentaires à faibles potentiels de dissémination. Cette équivalence fonctionnelle favorise la coexistence des espèces par la limitation de dispersion per capita [20]. Par coexistence, on entend des espèces évoluant dans le même milieu physique (spatial et temporel) et en compétition pour les mêmes ressources [36]. Selon le modèle déterministe, deux espèces occupant des niches identiques ne peuvent coexister. C'est ce que l'on appelle l'exclusion compétitive. Ainsi, la coexistence n'est possible que lorsqu'il y a différence entre les espèces [18]. Par conséquent, il ne devrait y avoir que très peu de similarités entre deux espèces compétitrices coexistant à l'intérieur de la même communauté, alors que l'équivalence fonctionnelle est monnaie courante en milieu naturel, particulièrement dans les systèmes possédant une très riche biodiversité conduisant à un compromis entre dispersion-recrutement et colonisation qui engendreraient des espèces équivalentes pouvant coexister. Lorsque ces limitations se présentent dans les systèmes à très grande diversité, l'individu est exposé à un voisinage biotique très différent. En effet, les individus d'une espèce donnée ne se retrouvent jamais aux côtés des mêmes espèces compte tenu de la diversité du milieu. Ce fait empêcherait la sélection directionnelle menant à une différenciation des niches et favoriserait plutôt des stratégies généralistes adaptées à la moyenne des conditions spatiales et temporelles à long terme de ces différents milieux [37]. Par contre, le groupement végétal FHp₂ de l'Est est riche en espèces pionnières cicatricielles à fort potentiel de dispersion et espèces pionnières cicatricielles à faible potentiel de dispersion. L'élément Afro-américain est abondant, et est directement lié à la proximité immédiate des Inselberg.

Le modèle stochastique prédit qu'une espèce abondante à l'intérieur d'une sous-région aura tendance à être abondante dans une autre sous-région de la même aire d'étude. La proportion d'espèces à large distribution est plus grande sur les Inselbergs que dans la flore régionale [38].

Outre les influences chorologiques, le groupement FHp₂ connaît une dynamique de renouvellement d'arbres en permanence, les arbres atteignent difficilement des gros diamètres suite à l'enracinement superficielle des arbres due à la couche superficielle du sol qui ne permet pas à un bon enracinement des gros arbres. La présence d'espèces pionnières et cicatricielles à fort et faible potentiels de dispersion est aussi expliquée par cette dynamique continue de la géologie du sol. Celle-ci facilite les chutes d'arbres par suite d'enracinement superficiel de la plupart d'arbres qui laisse passer des fortes quantités de lumière favorisant le développement des lianes. A UMA, la végétation pionnière qui entame la succession secondaire est essentiellement composée des espèces héliophiles. A la lumière de ces observations, les forêts de UMA sont mixtes (sempervirentes et semi-décidue) de basses et moyennes altitudes et se caractérisent par la présence des espèces endémiques du centre d'endémisme guinéo-congolais. Ces groupements correspondent aux forêts du secteur forestier central de la région Guinéo-congolaise [39]. Les Inselbergs en forêt tropicale humide sont caractérisés par une flore particulière et isolée, ils contribuent à la diversité floristique observée à UMA notamment par la présence d'éléments à large distribution phytogéographique. UMA appartient à la région chorologique guinéo-congolaise [40], les groupements végétaux identifiés partagent 11,5% d'espèces communes c'est-à-dire, les espèces généralistes ou insensibles à la variation des éléments physico-chimiques du sol ; la marge d'espèces restreintes soit à l'un ou l'autre groupement végétal est supérieure à 51,0% de la richesse spécifique. Cette forte marge d'espèces restreintes soit à l'une ou l'autre groupement végétal à UMA est expliquée par la disposition déterministe de la distribution des espèces [41]. La forêt de UMA présente une physiologie hétérogène, cette hétérogénéité est être expliquée par la corrélation entre paramètres physico-chimiques, pédo-morphologiques du sol et d'abondance des espèces.

Du point de vue fonctionnel, cette hétérogénéité physiologique est attribuable aux différences fonctionnelles entre chaque espèce. Par conséquent, il est évident que l'arrangement des communautés des plantes dans la forêt de UMA, n'est pas seulement le fait du hasard (stochastique), mais aussi le fait des facteurs déterministes.

Du point de vue géologique, la cuvette centrale a accusé, au début du Cénozoïque au moins, une tendance relative à l'affaissement. On suppose que le terrain de couverture a dû connaître des fortes perturbations provoquées par des chamboulements géologiques passés. Le substrat géologique de profondeur est composé d'un mélange de grès et d'argiles rouges, de marnes et de calcaires [42]. Le climat qui y règne aurait favorisé sans nul doute l'altération de tous les minéraux

primaires et déterminerait la formation de sols anciens ferralitiques. Les capacités d'échanges cationiques, le pH, la rétention du phosphore expliquent à cet effet la variation floristique observée dans les groupements végétaux à UMA. Ces éléments sont significativement corrélés à la variation floristique dans les forêts amazoniennes [43].

De toutes les variables environnementales testées au cours de cette étude, l'humidité du sol, le pH, la capacité d'échanges cationiques et le phosphore du sol sont significatifs. En forêt tropicale, les études ont montré l'influence des facteurs liés au sol et/ou la profondeur du sol sur la répartition spatiale des espèces à l'échelle du paysage [44], comme à l'échelle locale [45].

Dans le groupement végétal hétérogène (FHp_2), sa localisation sur éboulis rocheux à la base de l'Inselberg à plus de 530 m d'altitude, les facteurs abiotiques (le glissement du sol) seraient le facteur déterminant de la distribution relative des abondances spécifiques. La topographie de sa part peut expliquer la variation floristique mais elle ne pourra pas expliquer clairement la relation entre la position topographique et la distribution des espèces communes. La présence des espèces de large distribution phytogéographique est liée à une transgression par compensation écologique. La topographie cumule également les effets d'autre facteur abiotique tel que le phosphore [46] ; la variation de la teneur de phosphore et autres nutriments peut conditionner la répartition spatiale de certaines espèces d'arbres à l'échelle locale [47, 48]. A l'échelle réduite, la variabilité floristique dans la forêt de UMA est expliquée par les conditions édaphiques du sol. La partie Est de UMA est le domaine des formations hétérogènes perturbées, ce complexe sol argileux-éboulis rocheux dans cette partie de la forêt peut expliquer en partie la variation floristique et être considérée comme possible potentiel refuge.

La mono-dominance observée dans les groupements sur sable blanc et sur sol hydromorphe à UMA, est expliquée par le développement d'une structure de communauté par la sélection des espèces les mieux adaptées [49]. L'abondance de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) à UMA suit à cet effet une dérive stochastique. *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae) préfère les sols sablonneux de la partie orientale de la cuvette centrale où elle constitue des peuplements pratiquement purs en terre ferme, et de façon sporadique dans les formations périodiquement inondées aussi dans les forêts rivulaires ou marécageuses [50]. A UMA, l'humidité relative du sol serait le facteur le plus déterminant dans les forêts denses à Limbali. A UMA, la distribution de *Gilbertiodendron dewevrei* suit le modèle déterministe.

Les groupements végétaux distingués ne correspondent pas à de réelles discontinuités, ils sont essentiellement générés par le hasard de l'échantillonnage. De plus, la corrélation positive entre la diversité spécifique et la fertilité des sols a été démontrée [51]. De même, à l'échelle régionale, les faibles variations de pluviométrie peuvent contribuer à une variation floristique importante [52].

La mesure précise des variables environnementales est susceptible d'accroître la part de variation floristique expliquée mais, les processus stochastiques engendrent toujours une part de variation floristique inexpliquée. A l'échelle locale, les interventions de la faune mammalienne et l'avifaune affectent la composition floristique des communautés végétales par l'intermédiaire de la prédation, la polonisation et la dispersion des diaspores [53]. Il faut aussi noter que les chamboulements climatiques passés, l'équilibre dynamique entre l'extinction et l'apparition de nouveaux individus sont autant des paramètres qui jouent un rôle non négligeable dans la structuration des communautés végétales [54, 55].

5 CONCLUSIONS

Le but de la présente étude était de caractériser du point de vue physiognomique, les groupements végétaux des forêts de UMA. Il ressort de cette étude que :

- Cinq groupements végétaux étaient identifiées dans la forêt de UMA partageant un grand nombre d'espèces communes ce qui rend leurs limites très peu fluides. La restriction de certains groupes des relevés à la classe de diamètre ≥ 50 cm affiche la variance même au niveau de strates arborescente dans cette forêt.
- En fonction des paramètres physico-chimiques et pédo-morphologiques du sol, la variabilité floristique est principalement expliquée par l'humidité du sol dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali. Par contre, dans les groupements végétaux hétérogènes, elle est expliquée par le pH, la conductivité et la profondeur du sol; dans la forêt de transition, elle est expliquée par la rétention du phosphore du sol.
- La forêt de UMA est classée parmi les forêts hétérogènes denses semi-décidues ; les groupements végétaux identifiés à UMA sont insérés dans les alliances *Gilbertiodendron* Devred 1958 et *Oxystigmo-Scorodophleion* Lebrun et Gilbert 1954 dans la classe *Strombosio-Parinarietea* Lebrun & Gilbert 1954.
- L'élément guinéo-congolais représente plus de 82% d'espèces recensées, dont l'espèce endémique du centre d'endémisme guinéo-congolais représente au moins 90% d'espèces. La présence d'élément Afro-américain (2%) démontre de la transgression stochastique.

- Les espèces sédentaires sont abondantes dans les groupements végétaux mono-dominants à Limbali, tandis que les espèces pionnières et cicatricielles sont abondantes dans les groupements hétérogènes à *Pericopsiselata* et *Julbernardiaseretii*.

REFERENCES

- [1] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD Congo. International journal of innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.
- [2] B.J. Akuboy, G.B. Badjedjea, A. Angoyo, C. Mondenga, K. Wasingya, J.K. Kosele, J.A. Asimonyio, E.M. Lengbiye, K.N. Ngbolua. Biodiversité des ophidiens (Reptilia) du village Basukwambula (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 560-567, 2016.
- [3] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [4] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [5] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [6] P. Baelo, C. Kahandi, J. Akuboyi, J.L. Juakaly, K.N. Ngbolua. Contribution à l'étude de la biodiversité et de l'écologie des Araignées du sol dans un champ cultivé de *Manihotesculenta* Crantz (Euphorbiaceae) à Kisangani, RD Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 412-418, 2016.
- [7] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugenthoo, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [8] J.L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.
- [9] J.L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugenthoo, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [10] P.K. Kavira, F.B. Kirongozi, J.-L.K. Kambale, J.M. Tsongo, N.A. Shalufa, K.K. Bukasa, P.Y. Sabongo, H.K. Nzapo, K.N. Ngbolua. Caractéristiques de la régénération naturelle du sous-bois forestier du Jardin botanique S. Lisowski (Kisangani, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 24, no. 2, pp. 322-331, 2016.
- [11] T.B. Mambo, J.U. Thumitho, E.L. Tambwe, C.M. Danadu, J.A. Asimonyio, A.B. Kankonda, J.A. Ulyel, C.M. Falanga, K.N. Ngbolua. Etude qualitative du régime alimentaire de *Hippopotamys psittacus* (Boulenger, 1897: Osteiglossiformes, Mormyridae) du fleuve Congo à Kisangani (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 21, no. 2, pp. 321-329, 2016.
- [12] F.M. Masudi, A. Dudu, G. Katuala, J.A. Asimonyio, P.K. Museu, B.Z. Gbolo, K.N. Ngbolua, 2016. Biodiversité des rongeurs et Soricomorphes de champs de cultures mixtes de la région de Kisangani, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 14, no. 2, pp. 327-339, 2016.
- [13] F.N. Mulwele, K.N. Ngbolua, B.Y. Da Musa Masens, P.T. Mpiana. Etudes ethnobotanique et écologique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité à Kenge et ses environs (Province du Kwango, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 26, no. 2, pp. 600-611, 2016.
- [14] K.N. Ngbolua, J.A. Asimonyio, N. Ndrodza, B. Mambo, P. Bugenthoo, Y. Isangi, J.K. Mukirania, L. Ratsina, N.K. Ngombe, P.T. Mpiana. Valeur nutritive et teneur en acide cyanhydrique de huit espèces végétales consommées par *Okapia johnstoni* (Mammalia: Giraffidae) en République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Scientific Research Vol. 23, no. 2, pp. 419-427, 2016.

- [15] K.N. Ngbolua, B.G. Badjedjea, B.J. Akuboy, M.F. Masudi, J.A. Asimonyio, G.N. Bongo, A.D. Siasia. Contribution to the Knowledge of Amphibians of Kponyo village (DR Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V4I1 DOI: 10.15297/JABZ.V4I1.04, 2016.
- [16] J.P.K. Shaumba, J. Lejoly, H.S.M. Nshimba, J. Omatoko, M.B. Ndjele, K.N. Ngbolua. Structure, diversité, richesse et similarité floristique des peuplements d'arbres en forêt dense de UMA (Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 2, pp. 568-599, 2016.
- [17] J. Grinnell. The niche-relationship of the Californian thrasher. *Auk* Vol. 34, pp. 427-433, 1917
- [18] P. Triplet. Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature, 2016
- [19] G.E. Hutchinson. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* Vol. 22, pp. 415-427, 1957.
- [20] S.P. Hubbell. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton, Princeton University Press, 2001.
- [21] S.P. Hubbell. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology* Vol. 19, pp. 166-172, 2005.
- [22] S.P. Hubbell. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology* Vol. 87, pp. 1387-1398, 2006.
- [23] R. Condit, P.S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S.P. Hubbell, R.B. Foster, A. Itoh, J.V. La Frankie, H.S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar, T. Yamakura. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* Vol. 288, pp. 1414-1418, 2000.
- [24] S. M. Nshimba. Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kisangani (République démocratique du Congo), 2008.
- [25] F. White. The Guineo-Congolian region and its relationship to other phytochoria. *Bull.Jard. Bot. Nat. Belg.* Vol. 49, pp. 11-55, 1979.
- [26] L. J. T. White. Vegetation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lopé Reserve, Gabon. Ph.D Thesis, University of Edinburgh, pp. 250, 1992.
- [27] P. Legendre, L. Legendre. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier Science, pp. 853. 1998.
- [28] M. Dufrêne. IndVal or how to identify indicator species of a sample typology? *UCL/BIOL/ECOL – MRW/DGRNE/OFFN*, pp. 11. 2001.
- [29] G. Cottam, J.T. Curtis. The use of distance measurements in phytosociological sampling. *Ecology*. Vol. 37, pp. 451-460. 1956.
- [30] B. Boyemba. Ecologie de *Pericopsiselata* (Harms) van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat inédite, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2011.
- [31] C. Amani. Vegetation patterns and role of edaphic heterogeneity on plant communities in semi-deciduous forests from the Congo Basin. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2011.
- [32] S.A. Hall SA, I.C. Burke, D.O. Box, M.R. Kaufmann, J.M. Stoker. Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 2005.
- [33] D. Sabatier, M.F. Prévost. Quelques données sur la composition floristique et la diversité des peuplements forestiers de Guyane Française. *Bois et forêts des tropiques*. Vol. 219, pp. 31-55, 1990.
- [34] M.L. Ngongo, E. Van Ranst, G. Baert, E.L. Kasongo, A. Verdoodt, B.B. Mujinya, J. Mulalay. Guide des sols en R.D. Congo. Tome I : Etude et Gestion. Imprimerie Salama-Don Bosco, Lubumbashi, 2009.
- [35] S.M. Nshimba, M.B. Ndjele, J. Lejoly. Étude de la répartition spatiale des espèces dominantes dans la forêt marécageuse de l'île Mbiye à Kisangani, R.D. Congo. Résumé AETFAT Yaoundé, 2005.
- [36] B. Kouob. Organisation végétale de la diversité dans les forêts matures de terre ferme du sud-est Cameroun. Thèse de doctorat, Ecole facultaire du bio-ingénieur, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2003.
- [37] S.P. Hubbell. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology* Vol. 87, pp. 1387-1398, 2006.
- [38] B. Sonké. Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 1998.
- [39] A. Aubreville. Position chorologique du Gabon. *In: Flore du Gabon*, no. 3, Muséum National d'Histoires Naturelles de Paris, 1962.
- [40] G.E. Hutchinson. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* Vol. 22, pp. 415-427, 1957.
- [41] H. Tuomisto, K. Ruokoleinen, M. Yli-Halla. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* Vol. 299 pp. 241-244. 1957, 2003.
- [42] V. Trichon. Hétérogénéité d'une forêt tropicale humide de Sumatra: effet de la topographie sur la structure floristique. *Laboratoire d'écologie terrestre. Ann Sci For* Vol. 54, pp. 431-446, 1997.
- [43] V.A. Wambeke, C. Evrard. Carte des Sols et de la Végétation du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, 6: Yangambi, planchette 1: Weko. Notice explicative. INEAC, Bruxelles. 1954.
- [44] D.B. Clark, D.A. Clark, J. M. Read. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* Vol. 86, pp. 101-112, 1998.

- [45] I. Parmentier. Etude de la végétation des inselbergs de la forêt dense d'Afrique centrale atlantique. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique systématique et de Phytosociologie, 2003.
- [46] S. A. Hall, I. C. Burke, D. O. Box, M. R. Kaufmann, J. M. Stoker. Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 2005.
- [47] M.D. Swaine, T.C. Withmore. On the definition of ecological species group in tropical rain forests. *Vegetation* Vol. 75, pp. 81-86, 1988.
- [48] P. Högborg. Root symbioses of trees in African dry tropical forests. *Journal of Vegetation Science* Vol. 3, pp. 393-400, 1992.
- [49] G. Bell, J.M. Lechowicz. Waterway. The comparative evidence relating to functional and neutral interpretations of biological communities. *Ecology*. Vol. 87, pp. 1378-1386, 2006.
- [50] Flore du Congo-Belge et du Ruanda-Urundi, 1952.
- [51] H. terSteege, D. Sabatier, H. Castellanos, T. van Andel, J. Duivenvoorden, A. A. Oliveira, R. de Ek, R. Lilwah, P. Maas, S. A. Mori. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology* Vol. 16, pp. 801-828, 2000.
- [52] K. E. Harms, S. J. Wright, O. Calderon. Pervasive density dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* Vol. 404, pp. 493-95, 2000.
- [53] G. Bell. Neutral macroecology. *Science* Vol. 293, pp. 2413-2418, 2000.
- [54] G. Bell, M. J. Lechowicz, M. J. Waterway. The comparative evidence relating to functional and neutral interpretations of biological communities. *Ecology* Vol. 87, pp. 1378-1386, 2006.
- [55] J. Maley. A catastrophic destruction of African forests about 2,500 years ago still exerts a major influence on present vegetation formations. *IDS Bulletin* Vol. 33, pp. 13-30, 2002.