

## Phytodiversité et paramètres de structure de la forêt péri-urbaine de la Djoumouna (Brazzaville - Congo)

### [ Phytodiversity and structural parameters of the Djoumouna peri-urban forest (Brazzaville - Congo) ]

Victor Kimpouni<sup>1,2</sup>, Jean de Dieu Nzila<sup>1,2</sup>, Charme Maidet Massamba MaKanda<sup>1</sup>, Yallo Mouhamed Salisou<sup>2</sup>, and Jean-Pierre Kampe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>École normale supérieure, Université Marien Ngouabi, BP 237 Brazzaville, Republic of the Congo

<sup>2</sup>Institut national de recherche forestière (IRF), BP 177, Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2018 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 Djoumouna periurban forest, in Brazzaville, was studied according to three plots of one hectare each. With an original area of 8.5 ha in the 1990s, this forest has declined by 49%, following human activities, in twenty years. The floristic inventory revealed 898 trees of dbh  $\geq 10$  cm, either  $299 \pm 18.68$  trees.ha<sup>-1</sup> on average; Specific diversity reveals 106 species corresponding to 36 families, the most important of which, following IVF are: Fabaceae (78%); Rubiaceae (41.2%); Euphorbiaceae (35.2%). According to the IVI, the dominant species are: *Pentaclethra eetveldeana* (22%); *Elaeis guineensis* (15%); *Pentaclethra macrophylla* (14%); *Plagiostyles africana* (13.5%); *Hymenocardia ulmoides* (10.5%). The Shannon index averages is  $3.44 \pm 0.10$  for maximum diversity average of  $4.14 \pm 0.03$ . The Pielou index average is  $0.83 \pm 0.02$ , no dominance is found within the phytocenoses. Data from biological indices coupled with floristics show that this ecosystem has a high specific diversity, against a low floristic richness. The diametric structure coupled with the skewness reveal a bad natural regeneration of the ligneous trees. The similarity coefficients of Jaccard (30-47%) and Sørensen (46-64%) show a difference floristic composition. This heterogeneity is the appearance of the area-species curve. The analysis of diaspores shows the importance of sarcochores (73% of species and 62% of individuals), hence zoochoria as the main mode of dissemination. This mesophilic and tropophilous forest is characterized by the Fabaceae of which *Pentaclethra eetveldeana* and *Pentaclethra macrophylla* are the markers.

**KEYWORDS:** Congo, periurban forest ecosystem, floristic diversity, bio-ecological indices; structural parameters, phytogeography, dissemination.

**RÉSUMÉ:** La forêt périurbaine de la Djoumouna, à Brazzaville, est étudiée suivant trois relevés d'un hectare chacun. D'une superficie originelle de 8,5 ha dans les années 1990, cette forêt a régressé de 49%, suite aux activités anthropiques, en une vingtaine d'années. L'inventaire floristique a révélé 898 arbres de dbh  $\geq 10$  cm, soit  $299 \pm 18,68$  arbres.ha<sup>-1</sup>; La diversité spécifique révèle 106 espèces correspondant à 36 familles dont les prépondérantes, suivant les FIV, sont : Fabaceae (78%) ; Rubiaceae (41,2%) ; Euphorbiaceae (35,2%). En fonction des IVI, les espèces dominantes sont : *Pentaclethra eetveldeana* (22%) ; *Elaeis guineensis* (15%) ; *Pentaclethra macrophylla* (14%) ; *Plagiostyles africana* (13,5%) ; *Hymenocardia ulmoides* (10,5%). L'indice de Shannon est en moyenne de  $3,44 \pm 0,10$  pour une diversité maximale moyenne de  $4,14 \pm 0,03$ . L'équitabilité moyenne est de  $0,83 \pm 0,02$ . Les données des indices biologiques couplées aux floristiques montrent que cet écosystème présente une forte diversité spécifique, contre une faible richesse floristique, d'une part, et d'autre part, aucune dominance n'est relevée au sein des phytocénoses. La structure diamétrique couplée au skewness révèlent une mauvaise régénération naturelle des ligneux. Les coefficients de similarité de Jaccard (30-47%) et de Sørensen (46-64%) montrent une composition floristique différence. Cette hétérogénéité est traduit l'allure de la courbe aire-espèces. L'analyse des diaspores ressort

l'importance des sarcochores (73% d'espèces et 62% d'individus), d'où la zoochorie comme principal mode de dissémination. Cette forêt mésophile et tropophile est caractérisée par les Fabaceae dont *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla* sont les marqueurs.

**MOTS-CLEFS:** Congo, écosystème forestier périurbain, diversité floristique, indices de diversité bioécologique; paramètres de structure, phytogéographie, dissémination.

## 1 INTRODUCTION

Les écosystèmes forestiers en zone urbaine et périurbaine font l'objet d'une mauvaise gestion par les autorités municipales en Afrique en général, et au Congo en particulier [1]. Ces forêts sont confrontées à une dégradation anthropique les ayant réduit, dans le meilleur des cas, à des minuscules îlots sinon provoquer leur extinction de l'aire urbaine.

Dans la plupart des cas en Afrique, la gestion et l'aménagement des villes échappent au contrôle des décideurs, ce qui a des répercussions inquiétantes au plan écologique et sociologique [2]. Les forêts qui, hier majoritairement périurbaines sont devenues intra-urbaines. Certaines ont subi d'importantes réductions de superficie. Parmi ces forêts, citons la Djoumouna, à la périphérie de Brazzaville ; la forêt de la Patte d'Oie, dont la forêt naturelle couvre moins de 10 ha sur les 240 hectares intra-urbains mise en réserve en 1938 [3], [4]. Cependant, d'autres ont disparu sans laisser la moindre trace de leur existence. À Brazzaville, relevons les forêts de la Tsiémé, de la Glacière, du ravin du Tchad et de la Corniche [3], [4], [5], [6]. La raison de la disparition et/ou de la régression des superficies forestières, en général et urbains en particulier, est inéluctablement l'intensité des actions anthropiques.

Ces formations ligneuses qui se développent dans un milieu densément urbanisé, subissent une intense pression anthropique, sans cesse croissante [3], [4]. Elle résulte de l'exploitation l'urbanisation anarchique, de l'exploitation des Produits Forestiers (ligneux et Non Ligneux). Parmi ceux-ci le bois énergie, le bois d'artisanat et les plantes utilisées en phytothérapie. La forte dépendance de la cité urbaine en produits forestiers, sensu stricto, couplée à une poussée démographique galopante, a pour conséquence, la régression de l'aire forestière autour de la ceinture périurbaine [7]. Suite à l'ampleur des activités anthropiques, les formations ligneuses périurbaines et urbaines connaissent des modifications physiologiques et structurales qui s'accompagnent d'une perte de la biodiversité.

Située à la périphérie de Brazzaville, la forêt ripicole de la Djoumouna, représente un élément précieux de la banlieue brazzavilloise. En 1998, cette formation ligneuse qui s'étalait régulièrement le long des berges de la Djoumouna couvrait une superficie d'environ 8,5 ha [8]. Une vingtaine d'années plus tard, sa superficie est évaluée à 4,30 ha, dont 3,5 ha se développent exclusivement sur une portion de la rive gauche, territoire privé de l'église catholique abritant le camp des scouts.

Nonobstant l'ampleur des effets consécutifs d'anthropisation, qui mettent en mal son existence et sa pérennisation, très peu d'études ont été consacrées à cet écosystème menacé de disparition. Généralement parcellaires, elles ont porté sur l'inventaire floristique et phytogéographique [7], [8] et l'ethnobotanique [9]. L'analyse des données acquises montre qu'aucune étude n'aborde les questions touchant à la caractérisation de cette phytodiversité et aux paramètres de structure de ladite forêt.

La vitesse à laquelle les forêts périurbaines s'éteignent autour de Brazzaville, sans avoir livré les données sur leur biodiversité, le fonctionnement, la dynamique de régénération, tel que ce fut le cas des formations intra-urbaines de la ville. L'objectif de cette étude est d'améliorer les connaissances sur la diversité végétale des forêts périurbaines, notamment de la Djoumouna, en périphérie de Brazzaville.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 CONNAISSANCE DU SITE

La forêt galerie de la Djoumouna (-04°35' ; -04°22' S et 15°15' ; 15°09'E) est située à 24 km au sud-est de Brazzaville (Figure 1). La forêt de la Djoumouna est une forêt mésophile et tropophile, comme toutes les autres qui sont caractéristiques de l'unité physiographique des Cataractes. Elle se présente sous l'aspect classique d'une mosaïque forêt-savane. Souvent ripicoles, ces forêts se limitent aux berges des rivières.

Elle se développe sous le climat bas-congolais dit de type soudano-guinéen [10], [11], [12]. Les températures sont relativement élevées et la moyenne annuelle oscille autour de 25 °C. L'amplitude thermique annuelle varie de 4 à 6 °C (Figure 2). Les mois de mars et d'avril sont les plus chauds, ceux de juillet et Août, les plus frais [12], [13].

La pluviométrie annuelle varie de 1200 à 1400 mm [14]. Les pluies s'étalent d'octobre à mai, avec un ralentissement très prononcé en janvier-février. Les mois les plus arrosés sont généralement ceux d'avril et de novembre. Les mois de juin à septembre sont secs (Figure 2).

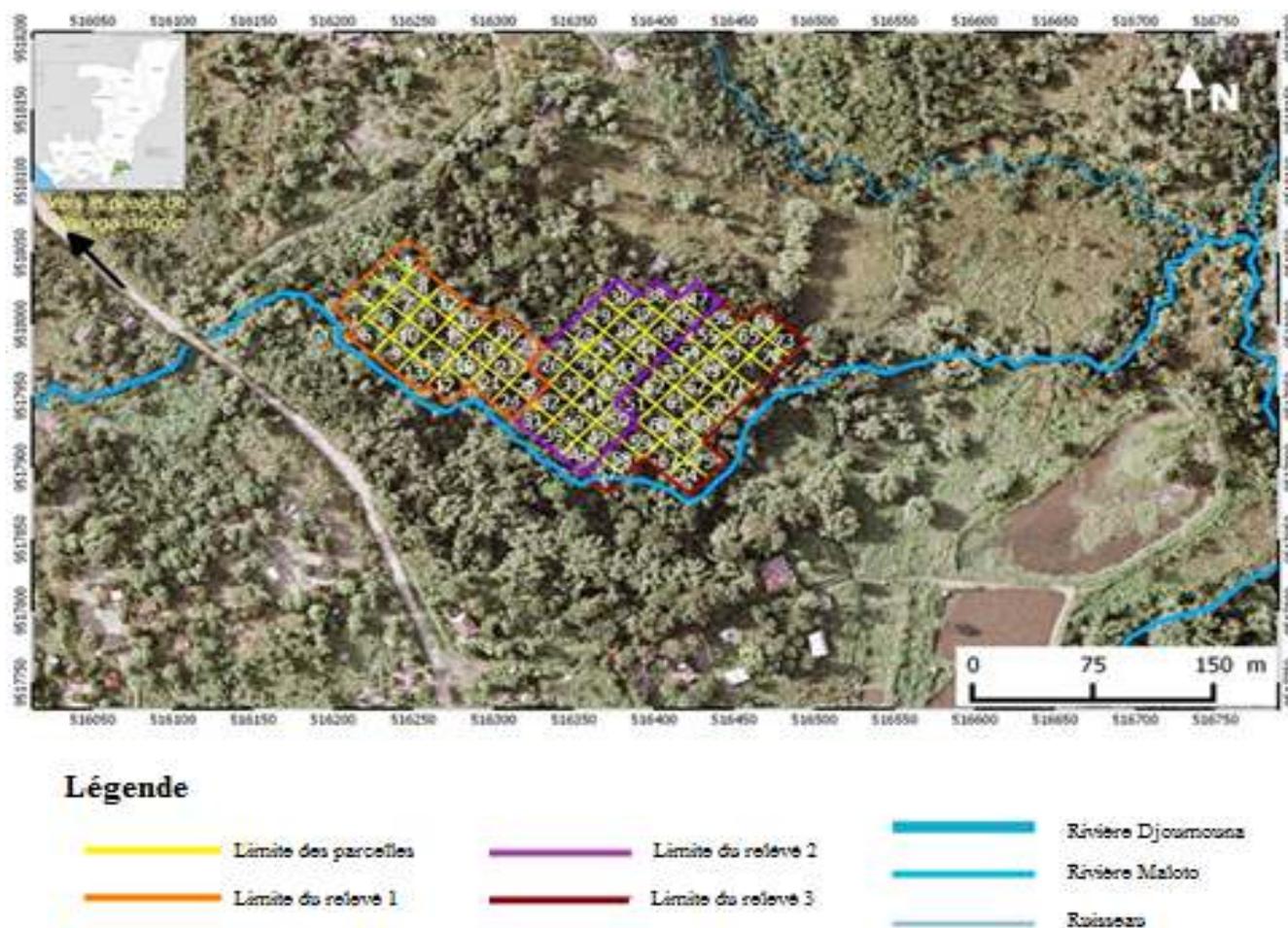


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude (Source: Google earth traité sur Qgis)

Le régime de pluies est le facteur qui marque l'alternance des saisons. Il permet de distinguer la saison des pluies qui est chaude et humide, de la saison sèche qui est fraîche.

L'humidité relative est toujours élevée et de faible amplitude hygrométrique annuelle. Cependant en saison sèche, elle reste toujours élevée et joue un rôle important sur la végétation. Elle présente son minimum annuel à la fin de cette saison [11], [14]. L'évaporation varie en sens inverse de l'humidité relative (Figure 2). Elle présente un minimum relatif en Juin et un maximum absolu en août et en septembre [14].

Le substratum géologique est essentiellement composé des formations sédimentaires du précambrien supérieur, de nature schisto-gréseuse. Elles forment la série de l'Inkisi, composée des arkoses et des grès feldspathiques [15]. Les sols appartiennent à la classe des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés jaunes avec des sols hydromorphes dans le lit de la Djoumouna et de ses affluents.

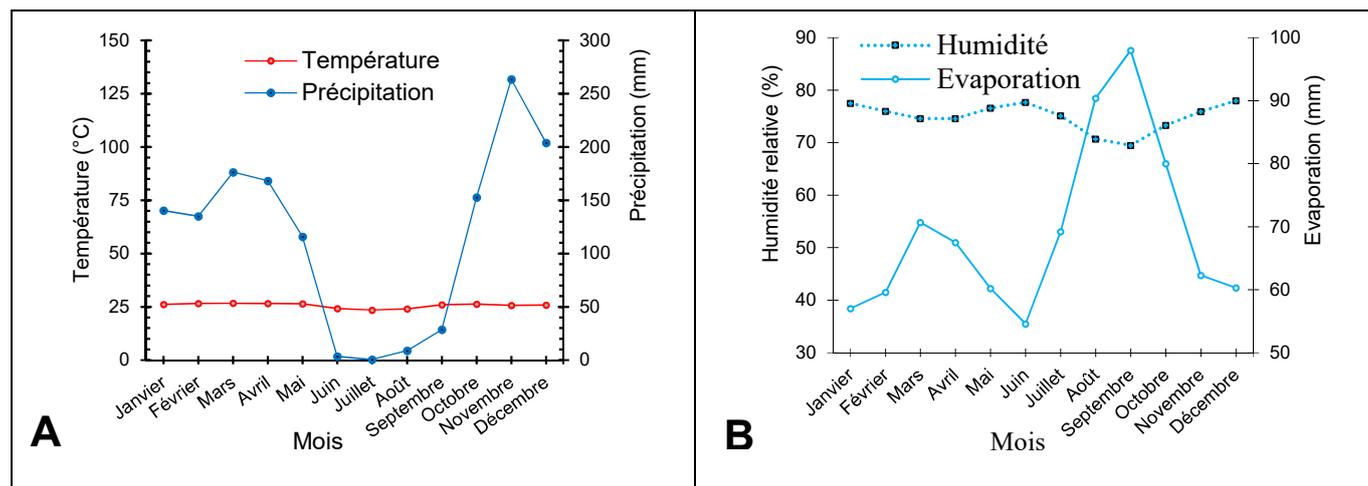


Fig. 2. Paramètres climatique de Brazzaville (période de 2000-2016, source ANAC)

Légende : Courbe ombrothermique (A) ; Courbes de l'humidité relative et de l'évaporation

## 2.2 MATÉRIEL

Le matériel est composé des ligneux (arborescents et lianescents) de DHP  $\geq 10$ cm. Au cours de cet inventaire, des échantillons ont été récoltés pour constituer des spécimens d'herbier et faciliter l'identification des espèces. Un herbier d'une vingtaine d'espèces a été constitué et déposé à l'herbier national (IEC) à Brazzaville. L'identification des espèces s'est faite *in situ* pour les plus courantes et *ex situ*, à l'herbier National sis à l'IRSEN par comparaison d'herbiers et des diagnoses de [16], des volumes de la flore du Gabon, du Cameroun et de la flore des spermaphytes du Congo belge – Rwanda – Urundi. La classification et la nomenclature taxinomiques adoptées sont respectivement [17] et [18].

## 2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE

L'étude qui s'est déroulée d'avril à août 2018 se fonde sur 2 axes : les données de la littérature, et l'inventaire floristique.

La revue de la littérature a permis de faire l'état des lieux des connaissances sur la thématique de la gestion durable des forêts du Bassin du Congo en général, et singulièrement les forêts urbaine et périurbaine du Congo.

La prospection botanique de l'aire d'étude et la délimitation des parcelles d'inventaire floristique ont constitué les principales phases de cette activité. L'inventaire est basé sur le recensement de tous les individus ligneux de dbh (diameter at breast height)  $\geq 10$  cm [19], [20]. L'aire couverte par l'inventaire est de 3 ha dont chaque unité est subdivisée en 25 parcelles géo-référencées de 20 m x 20 m, soit 400 m<sup>2</sup> (Figure 3).

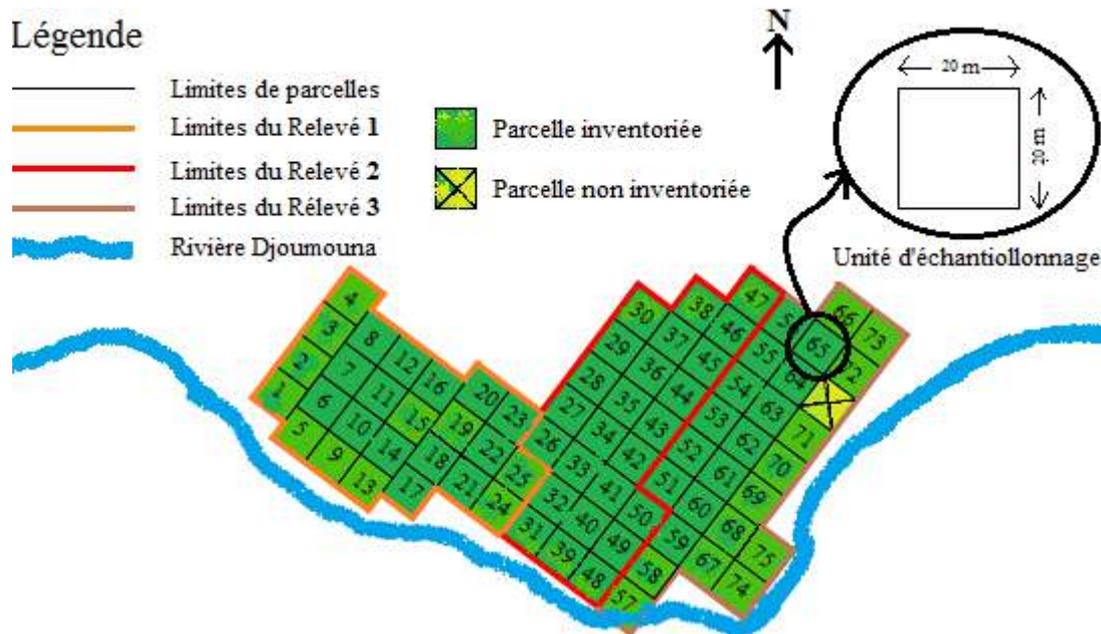


Fig. 3. Dispositif d'échantillonnage

**2.4 PARAMÈTRES SUIVIS**

Les paramètres suivis sont : la densité, la fréquence, la surface terrière, la structure diamétrique, la dissémination des diaspores, distribution phytogéographique.

**2.5 TRAITEMENT ET ANALYSES DES DONNÉES**

- Le spectre brut  $SB(\%) = \frac{\text{Nombre d'espèces par familles}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100$
- Le spectre pondéré  $SP(\%) = \frac{\text{Nombre de pied ou d'individus par espèces /familles}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100$

- Coefficients de similarité de Jaccard et de Sørensen

Jaccard :  $S(\%) = \frac{C}{(A+B)-C} \times 100$

Sørensen :  $K(\%) = \frac{2C}{A+B+C} \times 100$

Avec : A = nombre d'espèces du relevé A;  
 B = nombre d'espèces du relevé B;  
 C = total des espèces communes à A et B

- Coefficient de Skewnees (G)

$$G = \frac{[n \cdot \sum(X_i - \bar{X})]}{[(n-1) \cdot (n-2) \cdot \delta^3]}$$

N = Nombre d'individus par espèce ;  
 Xi = dbh de l'individu ;  
 $\bar{X}$  = Moyenne du dbh de l'échantillon ;  
 δ = Type de variation

- Indices de diversité biologique de Shannon et de Simpson

Shannon :  $H = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i$ , avec  $p_i = \frac{n_i}{n}$

$$\text{Simpson : } D_s = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i) \text{ ou } D = 1 - \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce « i » ;

$n$  = nombre total d'individus toutes les espèces confondues

- Indice de diversité maximale

$$H_{\max} = \ln(S) \text{ avec } S = \text{au total des espèces}$$

- La richesse spécifique effective ou Diversité absolue (N)

$$N = e^H$$

- Indice d'équitabilité (indice de régularité ou de Pielou) : Eq

$$Eq = \frac{H_r}{H_{\max}}$$

- Indice de Green : GI

$$GI = \frac{(\frac{\sigma^2}{\bar{X}} - 1)}{N - 1}$$

$\sigma^2$  = Écart type de la densité;

$\bar{X}$  = Moyenne de la densité ;

$N$  = Nombre total d'espèces

- Le Quotient de Szymkiewicz

$$I = \frac{\text{Espèce (Sp.)}}{\text{Genre (G)}}$$

- Importance relative des taxons

- Indice d'importance des espèces (Importance Value Index)

$$IVI = DR + DoR + FR$$

DR= Densité relative ; DoR= Dominance relative ; FR= Fréquence relative

- Indice d'importance des familles (Family importance Value) : FIV

$$FIV = \sum_{i=1}^S IVI$$

- Densité du peuplement ( $N$  en arbres/ha)

$$D = N/S$$

$N$  : nombre total d'arbres par parcelle ;

$S$  : surface de la parcelle en ha.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 DONNÉES TAXONOMIQUES ET FLORISTIQUES

##### 3.1.1 TAXINOMIE

L'inventaire floristique global révèle 898 individus arborescents et lianescents. Ils correspondent à 106 espèces rangées dans 83 genres et 36 familles (Tableau 1). La densité de l'aire d'étude est de  $299 \pm 18,68$  arbres. $\text{ha}^{-1}$ . Elle varie entre 264 et 324 individus. $\text{ha}^{-1}$  au sein des relevés (Tableau 1). Cette densité est soutenue par *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Millettia laurentii*, *Hymenocardia ulmoides*, *Psydrax arnoldiana*, *Hannoa undulata* et *Elaeis guineensis*.

Tableau 1. Synthèse des données taxinomiques et floristiques des ligneux par relevés

Forêt	Taxons			Total arbres
	Famille	Genre	Espèces	
Relevé 1	29	57	68	264
Relevé 2	29	52	61	324
Relevé 3	29	55	60	310
Aire d'étude	36	83	106	898
Moyenne ± Erreur standard	29,3 ± 0,33	54,7 ± 1,45	63 ± 2,51	299,3 ± 18,68

### 3.2 FLORISTIQUES

#### 3.2.1 SPECTRES BRUT ET PONDÉRÉ DE LA FLORE

L'analyse floristique globale révèle des différences entre la richesse spécifique et la composition floristique. La diversité spécifique des familles varie de 1 à 23, soit de 0,93 à 21,30%. Aucune des familles n'est systématique présente dans tous les relevés.

Le spectre brut montre une prédominance des Fabaceae (22%), suivie des Euphorbiaceae (12%), des Rubiaceae (8%), des Annonaceae (7%) et des Anacardiaceae (5%). Les familles les moins importantes ont des contributions qui varient de 1 à 5% (Figure 4A). Quant au spectre pondéré, la prépondérance des Fabaceae (31%) est très nette sur les Euphorbiaceae (16%), les Rubiaceae (7%), les Sapotaceae (2%). Les Annonaceae et les Anacardiaceae avec 1% chacune sont les moins représentées (Figure 4B).

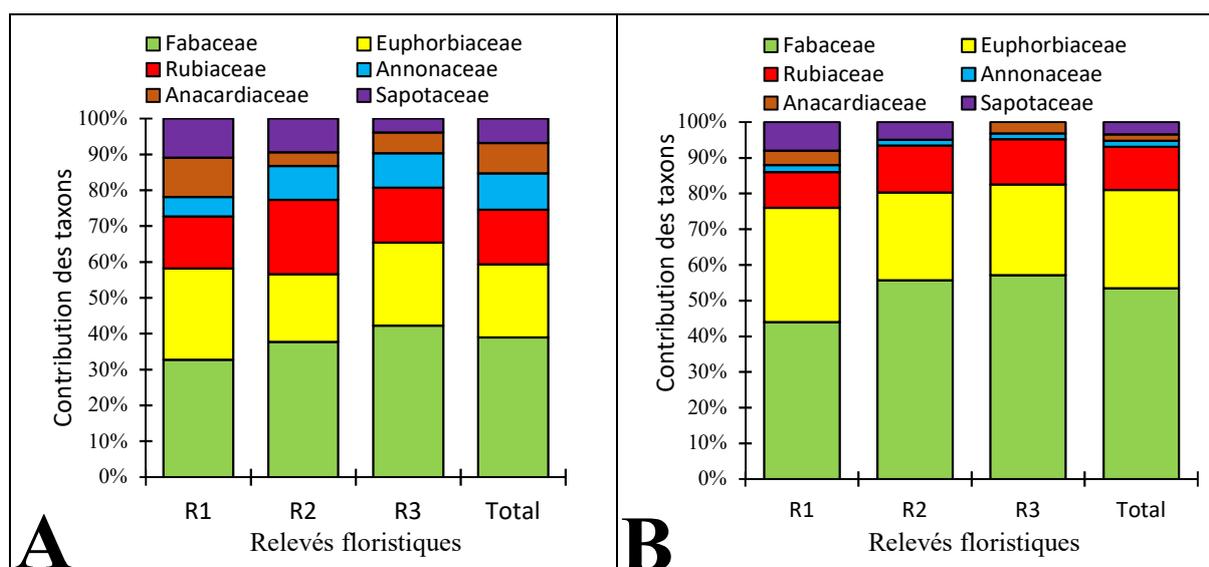


Fig. 4. Spectres floristiques de la forêt de la Djoumouna

Légende : Spectre brut (A); spectre pondéré (B)

#### 3.2.2 ESPÈCES DOMINANTES DE L'AIRE

L'analyse des effectifs des ligneux a permis de déceler les espèces les plus répandues, avec au moins dix individus sur la totalité de l'aire (Figure 5).

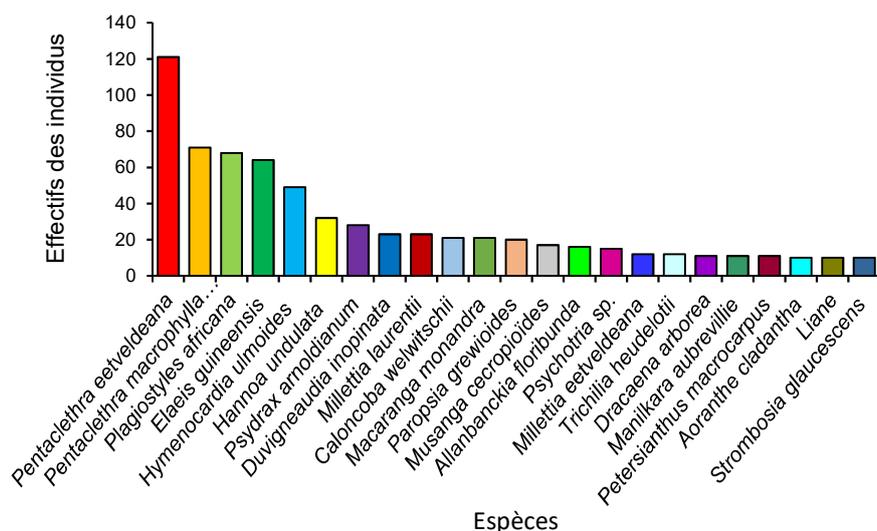


Fig. 5. Taxons les plus abondants du site (Nombre d'individus >10)

### 3.3 TYPES DE DIASPORES ET DISSÉMINATION

L'analyse des types de diaspores de l'inventaire, montre que les sarcochores sont les mieux représentées avec 73% d'espèces (Figure 6A), ce qui correspond à une proportion d'individus de 62% (Figure 6B). De ce fait, la zoochorie est de facto le principal mode de dissémination. Cette dominance traduit un signe du niveau de maturité acquis par cet écosystème.

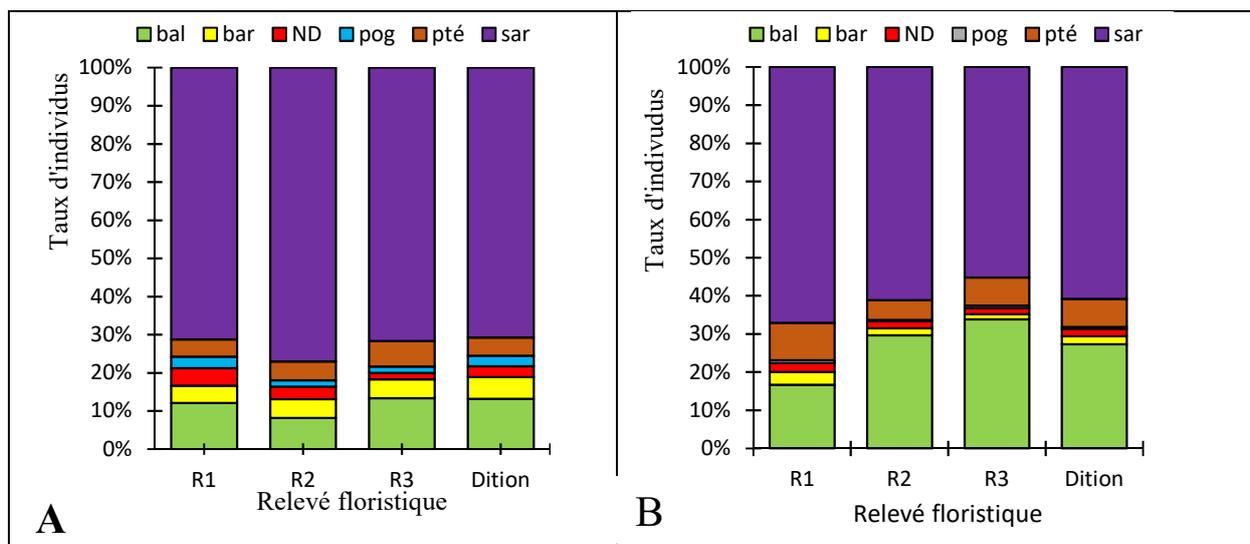


Fig. 6. Spectres des types de diaspores de la forêt de la Djoumouna

Légende : Spectre brut (A) ; spectre pondéré (B)

### 3.4 TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

L'analyse phytogéographique de la diversité floristique de la forêt de la Djoumouna, reconnaît 7 types phytogéographiques d'importance inégale (Figure 7). L'élément base Guinéo-Congolais englobe plus de 2/3 des taxons. Les taxons à large distribution sont très faiblement représentés. Ces données semblent prouver que cette formation ligneuse ne subit presque pas les influences des aires phytogéographiques voisines, notamment la zone de transition Guinéo-Congolo-Zambézienne.

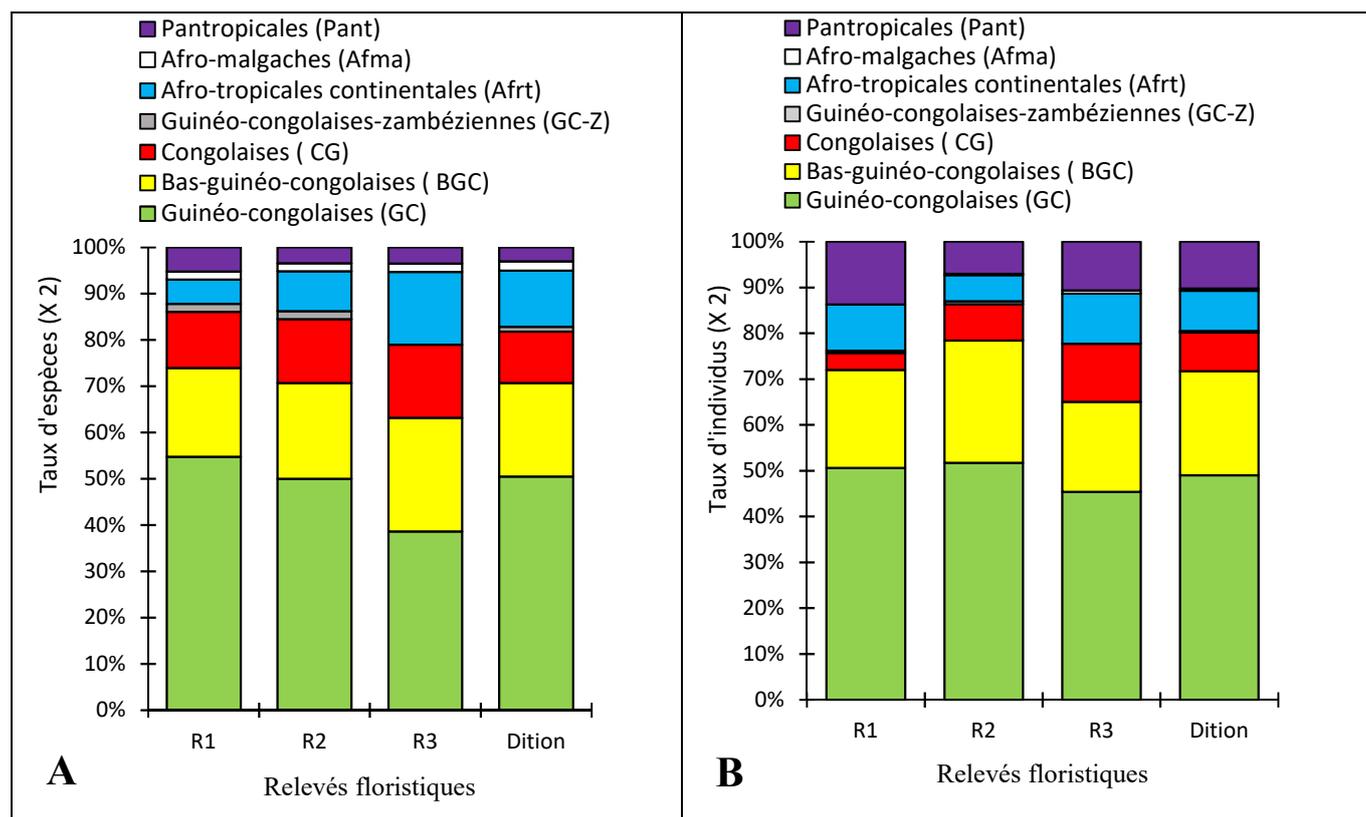


Fig. 7. Spectres phytogéographiques de la forêt de la Djoumouna

Légende : spectre brut (A) ; spectre pondéré (B)

### 3.5 PARAMÈTRES PHYTOÉCOLOGIQUES

#### 3.5.1 DENSITÉ RELATIVE

La densité relative par espèces au sein de l'aire d'étude varie entre 0,1 et 13,5 % soit une moyenne de  $0,009 \pm 0,002$ . Elle est soutenue par *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Plagiostyles africana*, *Elaeis guineensis*, *Hymenocardia ulmoides*.

#### 3.5.2 FRÉQUENCE

La fréquence des espèces varie de 1 à 45 dont 25,5% sont omniprésentes dans les trois relevés. 24,5% sont présentes dans 2/3 de relevés. Parmi les taxons les plus fréquents, outre les pionniers, citons *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Uapaca guineensis*, *Petersianthus macrocarpus*, *Gilbertiodendron dewevrei*, *Canarium schweinfurthii*, *Hannoa undulata*, *Manilkara aubrevillei*, *Strombosia grandifolia*.

#### 3.5.3 FRÉQUENCE RELATIVE

La fréquence relative des taxons varie entre 0,1 et 8,1% soit  $0,009 \pm 0,001$  en moyenne. Les espèces soutenant cette fréquence sont *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Elaeis guineensis*, *Plagiostyles africana*, *Hymenocardia ulmoides*.

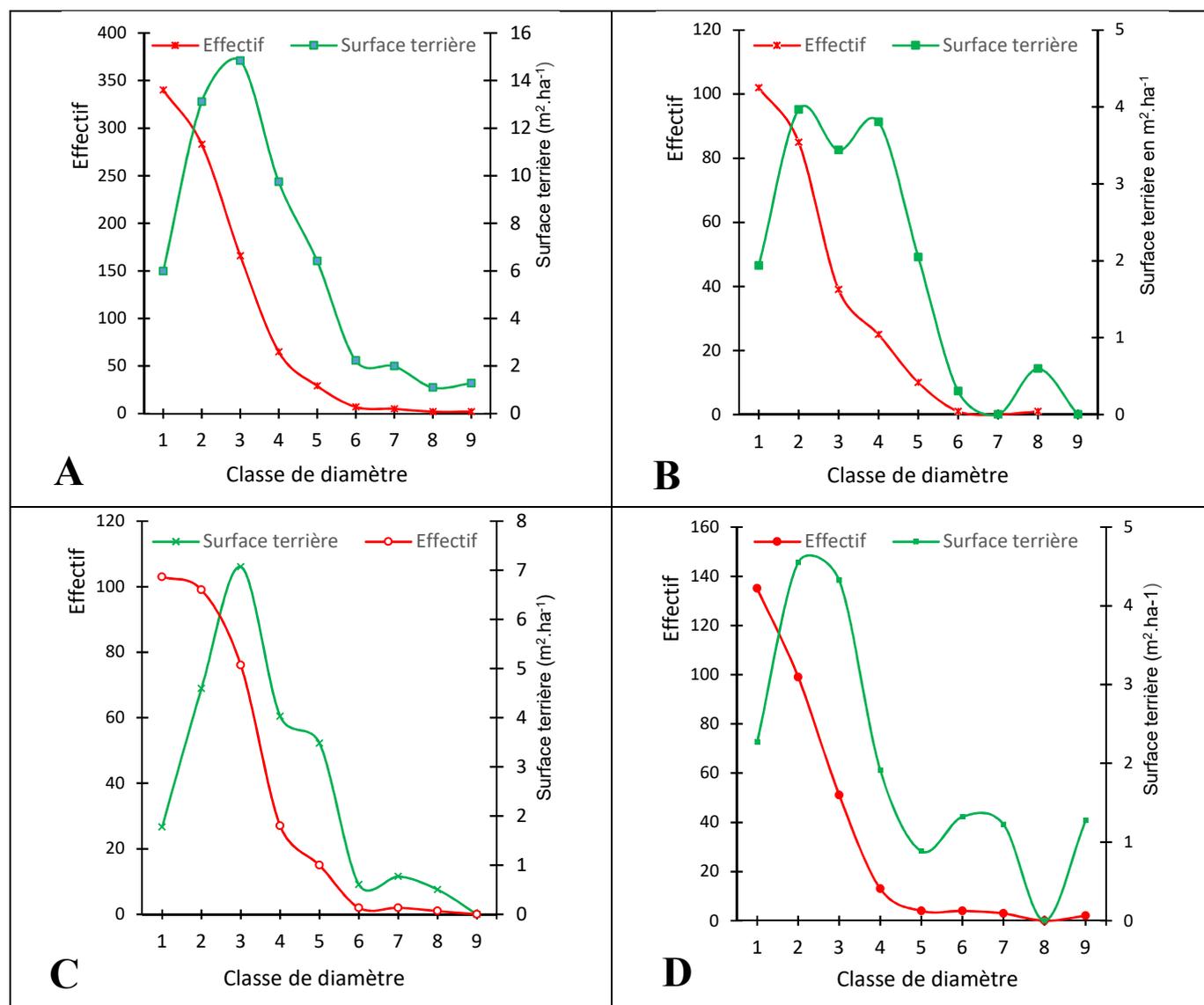
#### 3.5.4 SURFACE TERRIÈRE

La surface terrière dans l'aire d'étude oscille entre 0,01 et  $8,41 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figure 8). Les espèces dominantes ont une surface terrière d'au moins  $1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Au sein du relevé 1, elle varie de 0,01 à  $1,44 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  soit  $0,23 \pm 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en moyenne. Dans le relevé 2, sa valeur est comprise entre 0,01 et  $5,1410 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , soit une moyenne de  $0,37 \pm 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dans le troisième, la

moyenne est de  $0,29 \pm 0,06 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , pour un intervalle de valeur variant de  $0,01$  à  $2,58 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Le taux de couverture le plus élevé est associé, en se passant des taxons pionniers, à *Hannoa undulata*, *Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Paropsia grewioides*.

### 3.5.5 STRUCTURE DIAMÉTRIQUE

L'allure générale de la structure diamétrique est une courbe en forme de « J » renversé (Figure 9). Elle traduit le passage régulier des individus d'une classe de diamètre à une autre. En dépit de cette bonne perspective, le rythme général de la régénération des taxons caractéristiques de cette forêt montre que tous ont des courbes erratiques (Figures 8 et 10).



**Fig. 8. Rapport de la structure diamétrique des ligneux et la surface terrière**

Légende : Aire d'étude (A) ; relevé 1 (B) ; relevé 2 (C) ; relevé 3 (D).

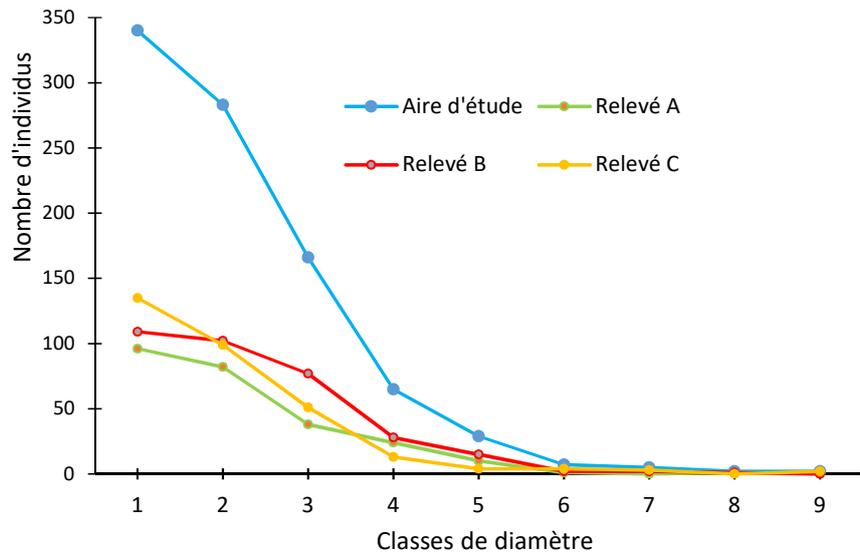
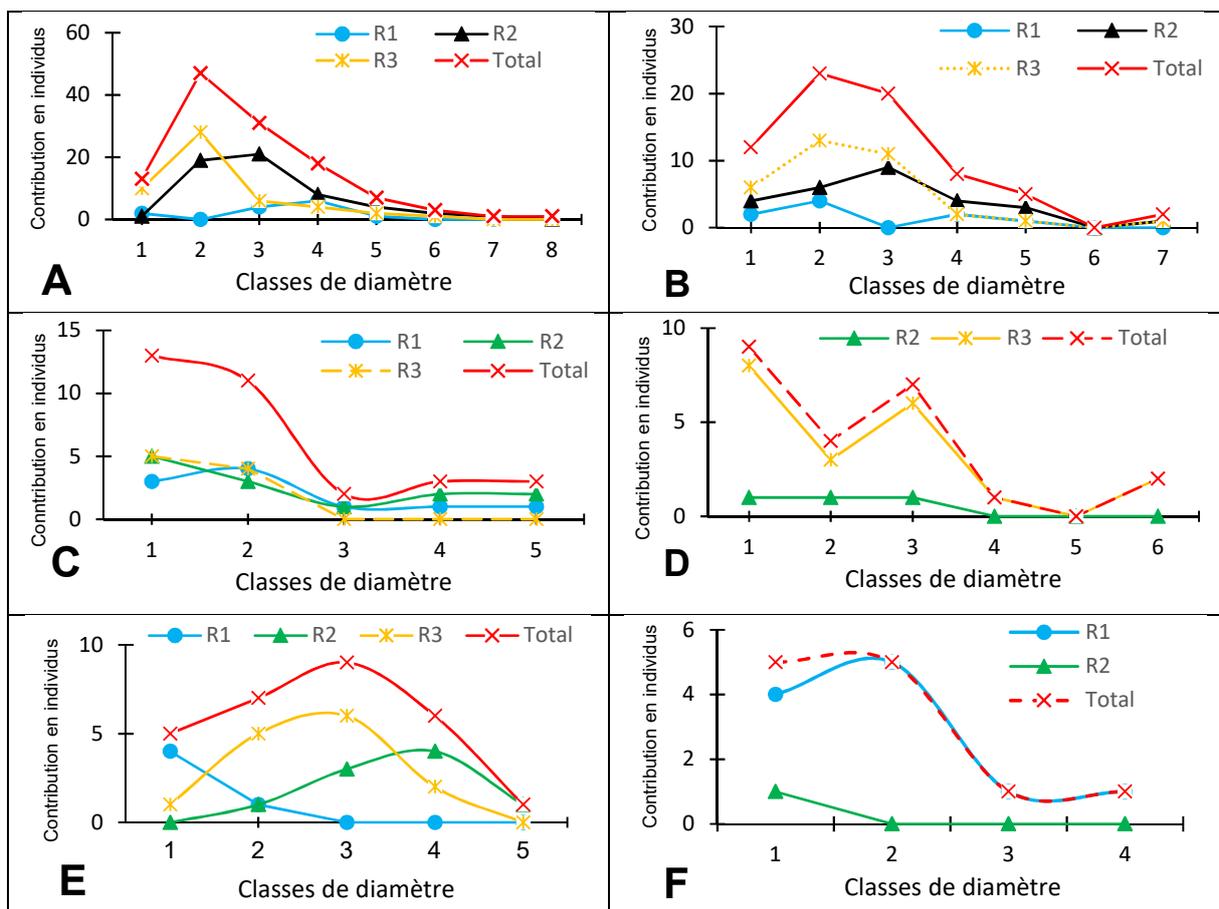


Fig. 9. Distribution générale des taxons par classes de diamètre



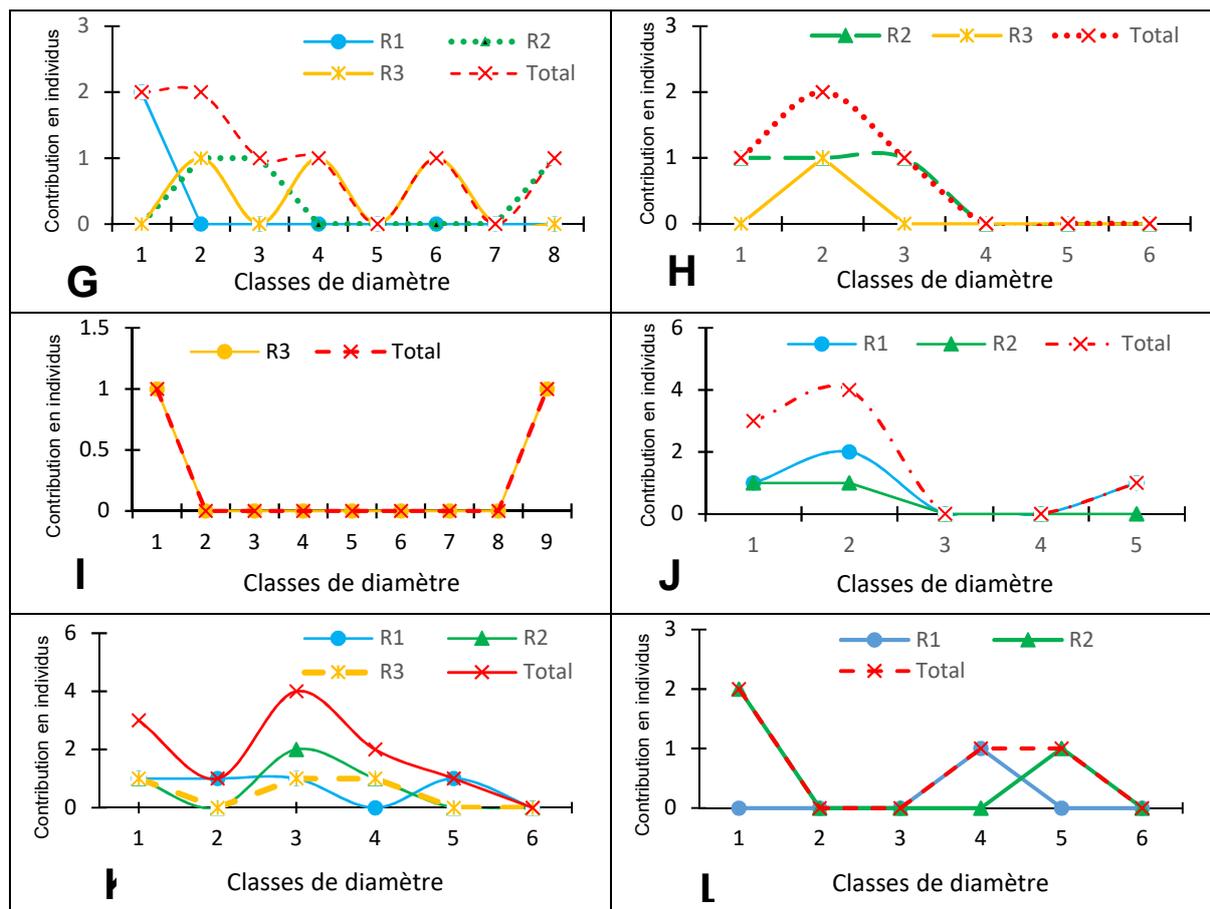


Fig. 10. Structure diamétrique des marqueurs de la forêt dense humide à la Djoumouna

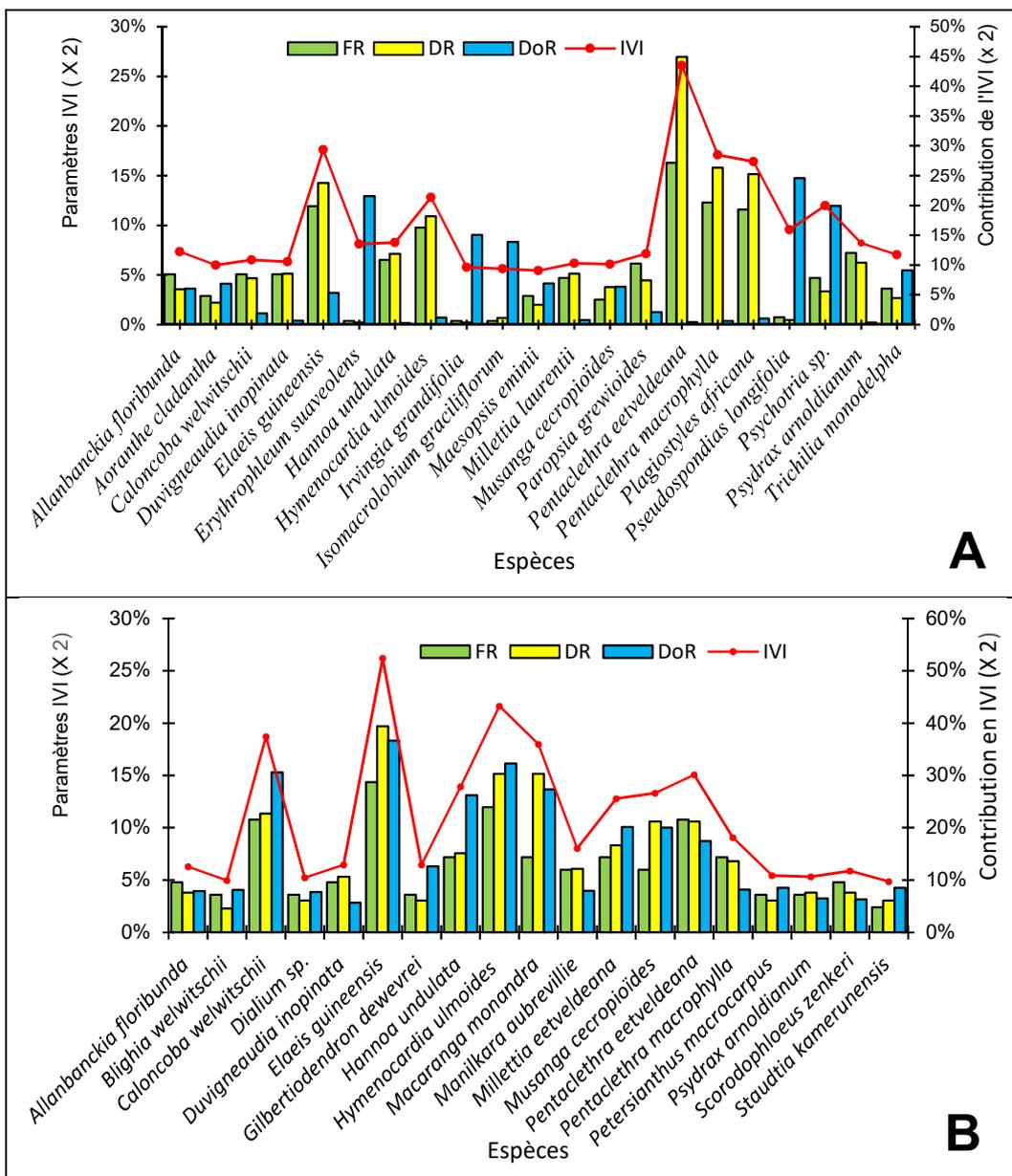
Légende : *Pentaclethra eetveldeana* (A), *Pentaclethra macrophylla* (B), *Hannoa undulata* (C), *Millettia laurentii* (D), *Psydrax arnoldianum* (E), *Millettia eetveldeana* (F), *Uapaca guineensis* (G), *Dialium englerianum* (H), *Crudia laurentii* (I), *Gilbertiodendron dewevrei* (J), *Petersianthus macrocarpus* (K), *Pycnanthus angolensis* (L).

### 3.6 DONNÉES DES INDICES DE PHYTODIVERSITÉ

#### 3.6.1 INDICES DE VALEURS D'IMPORTANCES: IVI ET FIV

L'IVI varie de 1 à 22% et les espèces les plus représentées (Figure 11) sont *Pentaclethra eetveldeana* (22%) ; *Elaeis guineensis* (15%) ; *Pentaclethra macrophylla* (14%), *Plagiostyles africana* (13,5) ; *Hymenocardia ulmoides* (10,5%), *Psychotria* sp. (10%). Quant aux FIV, les valeurs sont comprises entre 0,3 et 78%. La prépondérance des Fabaceae (78%) prime sur les Rubiaceae (41,2%) ; les Euphorbiaceae (35,2%) ; les Arecaceae (15%) ; les Anacardiaceae (12%) et les Phyllanthaceae (11%) (Figure 12).

L'IVI au sein de chacun des relevés est variable et il en est de même pour le FIV. Les résultats de l'IVI montrent que, le relevé 1 est dominé par les espèces caractéristiques de la perturbation. Les relevés 2 et 3 (soit 2/3 de l'aire étudiée) présentent une prédominance d'espèces pérennes.



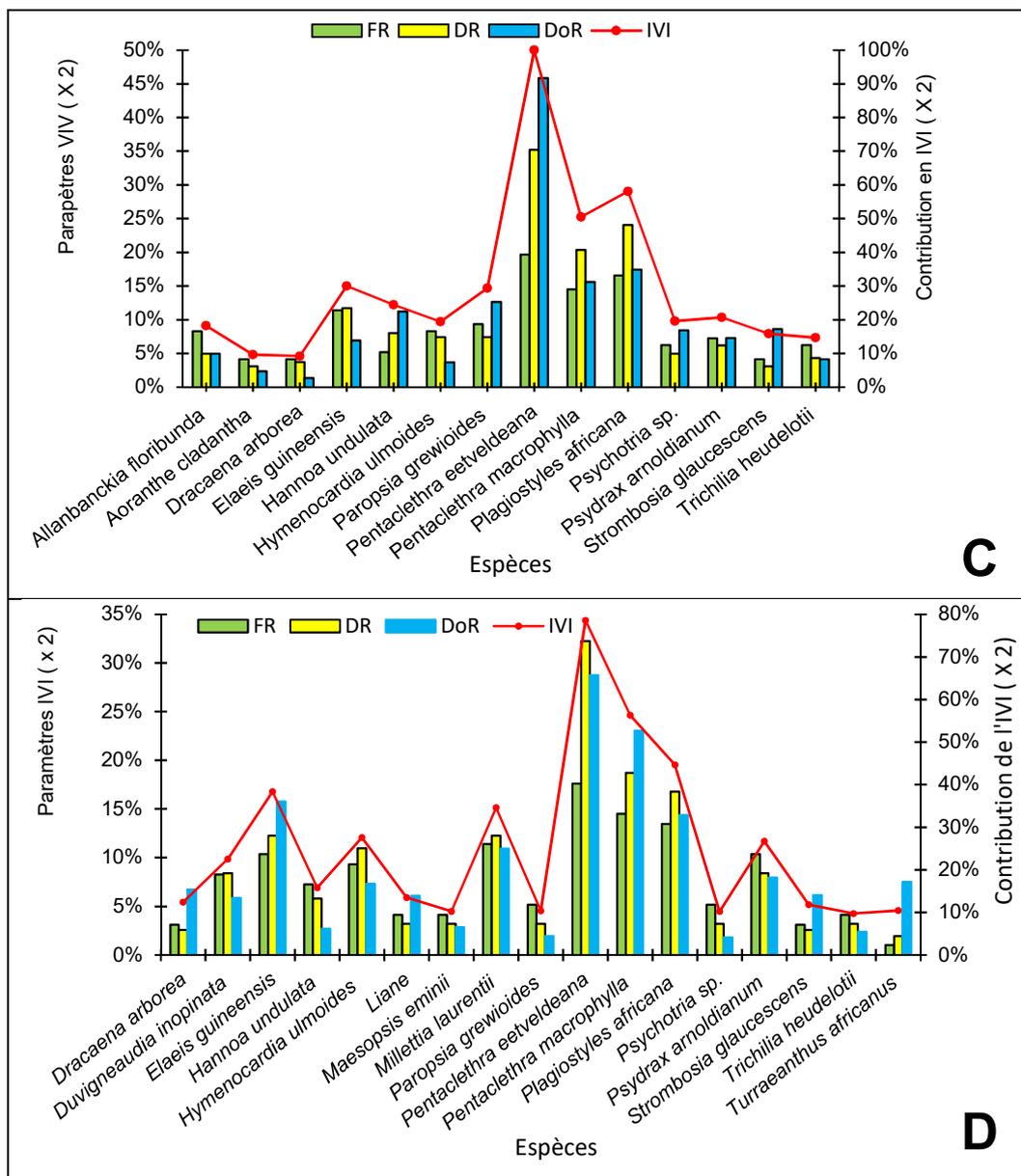
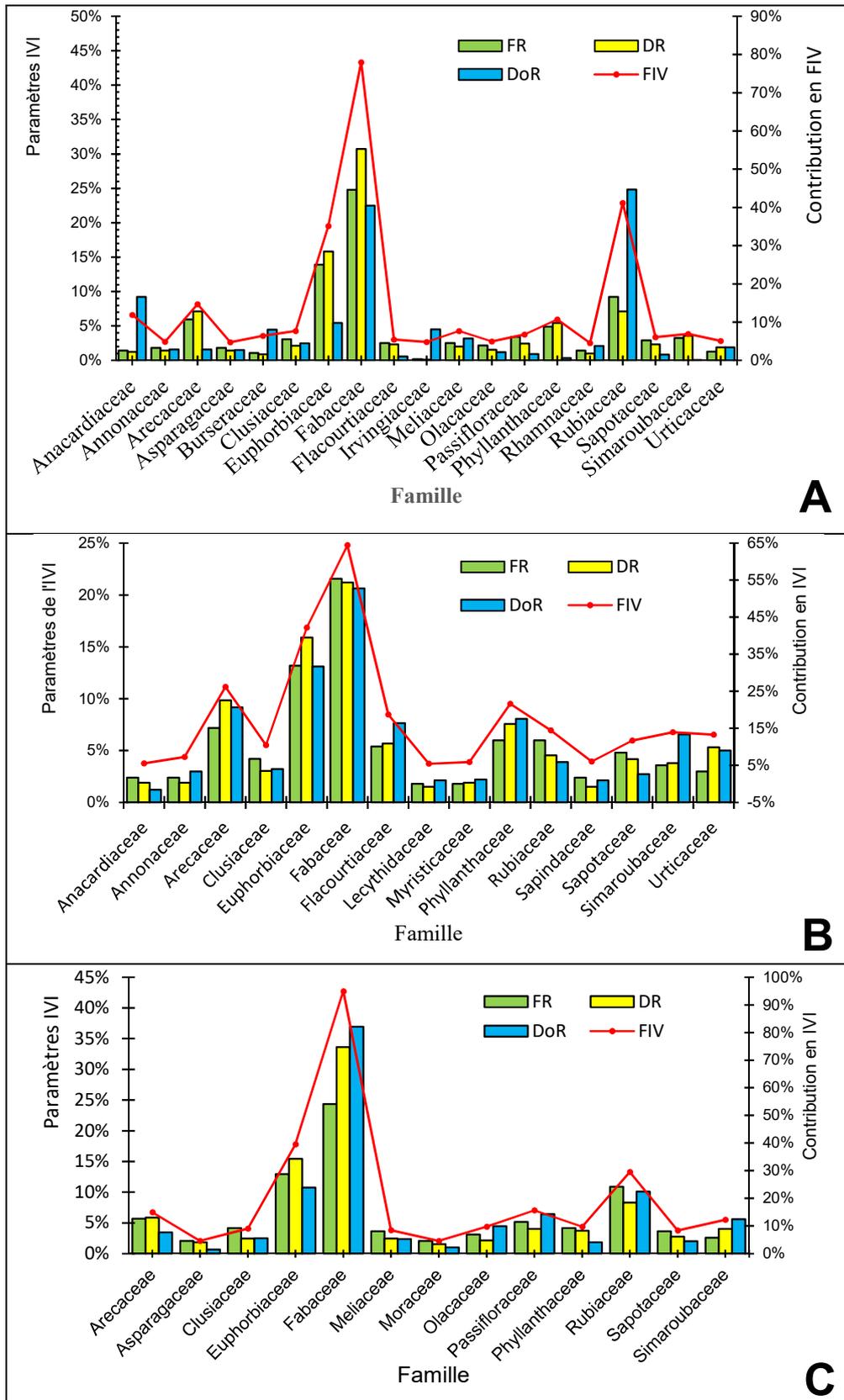


Fig. 11. Indice de valeur d'importance des espèces

Légende: Aire totale (A), relevé 1 (B), relevé 2 (C) et relevé 3 (D).



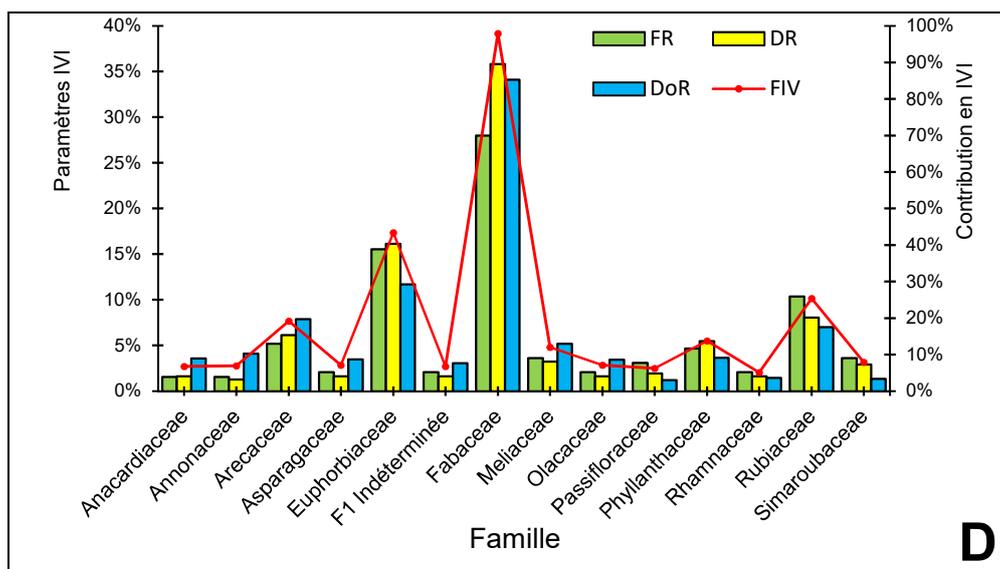


Fig. 12. Indice de valeur d'importance des familles

Légende : Aire totale (A), relevé 1 (B), relevé 2 (C), relevé 3 (D).

### 3.6.2 INDICE DE SHANNON (H')

L'indice de Shannon moyen est de  $3,45 \pm 0,10$ , pour une diversité maximale ( $H'_{max}$ ) de  $4,14 \pm 0,03$ . Cette donnée révèle que cet écosystème rassemble une forte diversité spécifique. L'indice d'équitabilité (Eq) est de  $0,83 \pm 0,02$  en moyenne, d'où une homogénéité spatiale des taxons au sein de la phytocénose (Tableau 2).

Tableau 2. Étude comparée des indices de diversité biologique des relevés

Indices biologiques	Relevés			Moyenne ± ES
	Relevé 1	Relevé 2	Relevé 3	
Indice de Shannon (H')	3,64	3,32	3,39	3,44 ± 0,10
Diversité maximale (H'_{max})	4,2	4,13	4,09	4,14 ± 0,03
Indice de Pielou (Eq)	0,87	0,80	0,82	0,83 ± 0,02
diversité absolue ou vraie (N)	38	28	30	32 ± 3,20
Quotient de Szymkiewicz	1,19	1,17	1,09	1,15 ± 0,03

### 3.6.3 DIVERSITÉ ABSOLUE OU DIVERSITÉ VRAIE : N

La diversité absolue moyenne de l'aire d'étude est de  $32 \pm 3,20$  (Tableau 2). Cependant le suivi minutieux des parcelles d'inventaire dévoilent des précisions mettant en lumière une variation dans la composition floristique.

### 3.6.4 INDICE DE GREEN (GI)

L'analyse de l'indice de Green ( $GI \leq 1$ ), révèle une répartition aléatoire des taxons sur la totalité de l'aire d'étude. Les valeurs de cet indice au sein des relevés varient de  $-0,06 \pm 0,02$  à  $-0,03 \pm 0,01$ . La valeur admise pour qu'une répartition soit déclarée grégaire étant de 1, la composition floristique à une distribution aléatoire dans tous les relevés.

### 3.6.5 DONNÉES DES COEFFICIENTS DE SIMILARITÉ

Le coefficient de similarité de Jaccard entre relevés, révèle une faible homogénéité dans la composition floristique. Le coefficient moyen entre relevés est de  $40 \pm 0,05\%$  pour un intervalle de valeurs variant de 30 à 47%. Cependant, le coefficient de Sorensen mettant en évidence les espèces rares, révèle en moyenne une ressemblance de la composition floristique des relevés de l'ordre de  $57 \pm 0,05\%$  pour des valeurs oscillant de 46 à 64%.

### 3.6.6 COEFFICIENT DE SKEWNESS

Au regard de la structure diamétrique, est défini comme petit arbre, les individus dont le dbh < 30 cm. Dans les trois relevés. La moyenne du coefficient de skewness variant de  $1,10 \pm 0,21$  à  $1,51 \pm 0,18$  par unité d'inventaire. Ces valeurs étant nettement supérieures à 0, elles sont synonymes d'une prédominance des individus de grand diamètre. D'où une faible proportion de la cohorte régénérative, représentée par les classes de diamètre 1 et 2.

## 4 DISCUSSION

### 4.1 ANALYSE PHYTOÉCOLOGIQUE

#### 4.1.1 LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE

Les données de l'analyse floristique de la formation forestière de la Djoumouna, par unité de surface, montrent qu'elle est pauvre-spécifique pour une diversité floristique élevée. Les valeurs de la richesse spécifique et floristique sont nettement inférieures aux valeurs connues dans la sous-région [3], [4], [5], [8], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]. Comme toutes les forêts denses humides d'Afrique centrale, les valeurs associées sont bien en dessous de celles des forêts des bassins Amazonien et du Bornéo-Mékong [21]. En couplant les données de la phytodiversité et celles de l'indice de valeur d'importance (IVI et FIV), les marqueurs de cette formation ligneuse sont bien les Fabaceae avec *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla*. La prédominance des Fabaceae s'accommode aux observations de [30] stipulant de l'emprise des Fabaceae dans toute la zone pantropicale. En tenant compte des données environnementales, le déterminisme de la forêt périurbaine serait édaphique. Ses marqueurs l'authentifient comme un maillon des forêts mésophiles et tropophiles semi-caducifoliées étudiées au Congo [5]. Toutefois, elle est différente de la forêt Patte d'Oie dont elle partage le même milieu écologique.

La projection des sections des troncs au sol révèle une faible occupation de celui-ci par les ligneux. La valeur de la surface terrière de cette phytocénose est nettement inférieure à celles observées dans les forêts denses humides d'Afrique centrale. Néanmoins, elle est dans l'intervalle des valeurs des formations mésophiles et tropophiles du Congo [3], [4], [22].

L'analyse de l'équitabilité met en évidence toute absence de dominance particulière d'un taxon quelconque. Cette flore est répartie de manière homogène sur toute l'étendue de l'aire d'étude. Quant au coefficient de similarité, la comparaison entre les relevés dénote que la composition floristique n'est pas homogène, d'un relevé à un autre. L'absence de similarité entre les relevés est étayée par les valeurs de l'indice de Green nettement inférieures à 1.

#### 4.1.2 DISSÉMINATION DES DIASPORES ET DYNAMIQUE FLORISTIQUE

La connaissance des formations végétales requiert l'analyse de types de diaspores et leur dissémination [22]. La majorité des travaux réalisés en zone intertropicale montre la prépondérance des sarcochores à plus de 50% [5], [8], [31], [32]. Le taux très élevé des sarcochores confirme la sarcochorie, notamment la zoochorie, comme le mode principal de dissémination [3], [4], [5], [21].

Une observation des agents de dissémination, durant toute la période de collecte des données a révélé presque une quasi absence de la faune aviaire et mammalienne associée. L'action de l'agent de dissémination résultant d'une coévolution et d'un mutualisme entre la plante et l'animal [21], [33], [34], on comprend mieux l'hétérogénéité floristique au sein de cette formation et la caractérisation par les espèces ballochores comme *Pentaclethra eetveldeana* et *Pentaclethra macrophylla*. Le taux élevé des sarcochores (73 %) sur les anémochores est un indice corrélé au degré de la complexité structurale et d'évolution de l'écosystème. Comme soutenu par le quotient de Szymkiewicz, il étaye un haut niveau de stabilité fonctionnelle et de résilience atteint par cette phytocénose [35], [36], [37], [38], [39], [40].

### 4.2 RÉGÉNÉRATION NATURELLE

La forêt de la Djoumouna présente dans son ensemble un état de régénération naturelle satisfaisante. La structure diamétrique du peuplement est caractéristique des forêts sans perturbations majeures, qui maintiennent un rythme plus ou moins constant d'installation de semis [3], [4], [5], [22], [41], [42]. L'importance de la cohorte régénérative laisse supposer une forêt en pleine installation [5], [43].

L'analyse de la richesse floristique dans les classes de diamètre 1 et 2, dévoile d'importantes densités d'espèces pionnières, marqueurs des recrues forestières. Ces taxons sont malheureusement destinés à disparaître rapidement au cours de l'évolution, en laissant place aux espèces caractéristiques des formations mésophiles semi-caducifoliées [3], [4], [5]. Le relevé 1 est dominé

par les espèces pionnières ayant les valeurs d'IVI les plus élevées (Figure 4). Ce sont des héliophiles à croissances rapides (*Elaeis guineensis*, *Hymenocardia ulmoides*, *Macaranga monandra*, *Caloncoba welwitschii*), caractéristiques des formations forestières secondaires jeunes, comme les dénomment [44]. Ces mêmes espèces, témoins des perturbations des écosystèmes forestiers, ont des faibles valeurs d'IVI dans les deux autres relevés (Figures 5 et 6). Les données renseignent sur l'état de dégradation avancée, associé aux actions anthropiques. À l'opposé, les relevés 2 et 3 ont une prédominance de semi-héliophytes à croissance moyenne (*Pentaclethra eetveldeana* ; *Pentaclethra macrophylla* ; *Plagiostyles africana*), et des essences caractéristiques de la forêt semi-décidue (*Dialium corbisieri*, *Millettia laurentii*, *Hannoa undulata*, *Staudtia kamerunensis*, *Albizia ferruginea*). Nonobstant le quotient spécifique de Szymkiewicz qui illustre que la florule a atteint la maturité, comme le soulignent [42] et [45], cette forêt se trouverait à un stade d'évolution que [44] qualifient de « groupement plus ou moins mixte ». Période durant laquelle, la forêt secondaire adulte et la forêt semi-décidue échangent aisément les éléments de leur cortège floristique. Quoique rivulaire, cette forêt se range parmi les forêts mésophiles semi-caducifoliées.

La structure erratique de la distribution diamétrique des principaux taxons spécifiques de cette formation ligneuse, traduit une mauvaise régénération. Les espèces longévives de cette forêt (*Pentaclethra eetveldeana*, *Pentaclethra macrophylla*, *Hannoa undulata*, *Millettia laurentii*, *Psydrax arnoldiana*) présentent un mauvais recrutement au sein des classes de diamètre. Cette observation est soutenue par la valeur du coefficient de skewness qui met en évidence une proportion très élevée des tiges de grand diamètre par rapport à la cohorte régénérative. Les ruptures entre les classes de diamètre révèlent l'ampleur des actions anthropiques. Ces perturbations induisent une hétérogénéité floristique dont les conséquences discriminent trois faciès forestiers. Cette observation est étayée par l'absence d'une éventuelle aire minimale d'inventaire dans cet écosystème.

### 4.3 AFFINITÉS PHYTOGÉOGRAPHIQUES ET PHYTOSOCIOLOGIQUES DE LA FLORE

#### 4.3.1 ANALYSE PHYTOGÉOGRAPHIQUE DE LA FLORE

Les espèces propres au centre d'endémisme Guinéo-Congolais [46], [47], principalement du subcentre d'endémisme Bas-guinéen, représentent l'élément base qui scelle l'appartenance de la forêt de la Djoumouna aux forêts denses humides d'Afrique centrale. Ces données corroborent les études menées dans la sous-région par [48], [49], [50] en RDC ; [8], [3], [4] et [8] au Congo ; [23], [24], [51] au Cameroun. La nette dominance des espèces Bas-guinéennes et le faible taux d'éléments à large distribution marquent la nature autochtone de cette flore. En relation avec la chorologie de la région, l'aire de transition Guinéo-Congolo-zambézienne influence moins la composition floristique de la forêt de la Djoumouna [3], [4], [5].

#### 4.3.2 CONVERGENCES PHYTOSOCIOLOGIQUES

Analyse phytosociologique de la flore la forêt périurbaine de la Djoumouna est menée suivant le système proposé par [44] pour les forêts congolaises. Cette taxinomie réunit les écosystèmes à la limite des forêts sempervirentes de *Strombosio-Parinarietea*, et notamment de l'ordre des *Gilbertiodendretalia* et des forêts semi décidues de *Piptadeniastro-Celtidetalia* de l'alliance de l'*Oxystigmo-Scorodophloeion* [52]. La syntaxinomie reconnaît trois classes associées aux faciès forestiers : (i) la classe des *Mitragynetea* ; (ii) la classe des *Musangio-Terminalietea* avec les ordres du *Musangetalia* et du *Fagaro-Terminalietalia*, les alliances du *Musangion cecropioides* et du *Pycnantho-Fagarion* ; et (iii) la classe des *Strombosio-Parinarietela* avec les ordres du *Gilbertiodendretalia* et du *Piptadenio-Celtidetalia* de l'alliance du *Canarion schweinfurthii* [52], [53], [54], [55]. Ces données phytosociologiques correspondraient aux valeurs forestières connues [53], [54], [55], [56], [57], [58] et affirment l'hétérogénéité floristique de l'unité biogéographique. En dépit de l'absence de certains marqueurs de cette syntaxinomie, probablement suite aux activités anthropiques, on devrait avoir le *Piptadenio-Celtidetalia* avec l'*Oxystigmo-Scorodophloeion* d'une part, et le *Canarion schweinfurthii* d'autre part. L'ordre du *Gilbertiodendretalia* du *Strombosio-Parinarietela* très peu commun, est subordonné à l'écologie de *Gilbertiodendron dewevrei*. En fonction de la topographie du site, on note la présence d'un gradient d'humidité du sol décroissant de la rivière vers l'intérieur de la terre ferme.

## 5 CONCLUSION

La forêt de Djoumouna est une formation végétale fortement dégradé en cours de régénération. Au stade actuel des connaissances sur la diversité floristique de la forêt de la Djoumouna, un nouveau regard devra être porté sur la gestion de cet écosystème. La distribution phytogéographique de la flore se rattache au centre d'endémisme Guinéo-congolais, et particulièrement le subcentre d'endémisme bas-guinéen, constituant l'élément base. L'ampleur de l'effet anthropique est telle que plusieurs espèces caractéristiques de la forêt dense semi décidue d'Afrique centrale, ne sont représentées que par un individu à l'hectare. À l'instar de toutes les formations forestières tropicales, la dissémination des diaspores est sous la dépendance de la faune mammalienne et aviaire. La quasi absence d'animaux ; en dehors de quelques rares écureuils observés

et des oiseaux frugivores, aurait pour conséquences néfastes une régénération insuffisante de la florule. Les Fabaceae sont les marqueurs de cette formation ligneuse avec *Pentaclethra macrophylla* et *Pentaclethra eetveldeana*.

## RÉFÉRENCES

- [1] F. Koubouana, S. A. IFo, L. Mayitoukou and E.Ndinga, "Diversité floristique et dynamique de reconstitution de la forêt du parc zoologique sous plantation à Eucalyptus à Brazzaville ; Congo," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 10, n° 2, pp. 609-619, 2016. URL, DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.13>
- [2] Dutreuve B., 1997. Étude de foresterie urbaine en zone saharo-sahélienne: Nouakchott, Mauritanie. Mémoire de fin d'étude. Université de paris xii et CIRAD-forêt. Paris. 59
- [3] V. Kimpouni, P. Mbou, G. Gakosso and M. Motom, "Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 7, n° 3, pp. 1255–1270, 2013a.
- [4] V. Kimpouni, P. Mbou, G. Gakosso and M. Motom, "Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7, n° 3, pp. 1255-1270, 2013b.
- [5] V. Kimpouni, P. Mbou, E. Apani and M. Motom, "Étude floristique des îlots forestiers naturels de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo," *Acta Botanica Gallica*, 2014. doi:10.1080/12538078.2013.870048 disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2013.870048>
- [6] L. Makany, Végétation des plateaux Teke (Congo). Coll. Travaux Univ. Brazzaville, 1976.
- [7] R. F. C. Loumoua, Étude quantitative de la forêt à *Pentaclethra eetveldeana* De Wild. & Th. Durand de Mayitoukou (sous-préfecture de Goma Tsé-Tsé, département du pool). Université Marien Ngouabi, ENSAF, Brazzaville, 2014.
- [8] E. S. Miabangana, "Analyse floristique et phytogéographique de la forêt de la Djoumouna (République du Congo)," *Geo-Eco-Trop.*, vol. 40, n° 2, pp. 175-190, 2016.
- [9] E. S. Miabangana and Hondjuila Miokono, "Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques de la forêt de la Djoumouna (République du Congo). Les plantes médicinales," *Int. J. Pure App. Biosci.*, vol. 4, n° 1, pp. 310-325, 2016.
- [10] B. Descoings, Phytogéographie : esquisse phytogéographique du Congo. In: Atlas du Congo. ORSTOM, Bondy (1 carte couleur 1:2000000), 1969.
- [11] A. Aubréville, Climats, forêts et désertification de l'Afrique centrale. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 1949.
- [12] M.-J. Samba-Kimbata, Le climat du bas-Congolais. Université de Dijon, 1978.
- [13] M.-J. Samba-Kimbata and M. Mpounza, Végétation et faune du Congo. In: Atlas du Congo. Éditions J.A., 2001.
- [14] P. Vennetier, Atlas de la République populaire du Congo. Éditions Jeune Afrique, 1977.
- [15] B. Denis, Les sols de la région de Brazzaville. ORSTOM, 1970.
- [16] L. Pauwels, Nzayilu n'ti: Guide des Arbres et Arbustes de la Région de Kinshasa- Brazzaville. Jardin Botanique National de Belgique, 1993.
- [17] APG, "An updated of the Angiosperm Phylogeny Group classifications for orders and families of flowering plants: APG IV," *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 181, n° 1, pp. 1-20, 2016. Doi:10.1111/boj.12385
- [18] J. P. Lebrun and L. Stork, Énumération des plantes à fleur d'Afrique tropicale. Éditions des conservatoires et jardin botaniques de Genève, 4 volumes, 1991-2015. Disponible sur : <http://www.villege.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>
- [19] F. Dallmeier, Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas, methods for establishment and inventory of permanent plots. Mab digest n° 11, UNESCO, 1992.
- [20] J. Lejoly, Méthodologie pour les inventaires forestiers (partie flore et végétation). AGRECO-CTFT, 1993.
- [21] H. Puig, La forêt tropicale humide. Belin, 2001.
- [22] V. Kimpouni, E. Apani and M. Motom, "Caractéristiques écologiques et composition de la flore ligneuse de la région de Mindouli (Congo)," *J. Bot. Soc. Bot. France*, vol. 57, pp. 37-47, 2012.
- [23] C. F. Gonmadje, C. Doumenge, D. McKey, G. P. M. Tchouto, T. C. H. Sunderland, M. P. B. Balinga and B. Sonké, "Tree diversity and conservation value of Ngovayang's lowland forests, Cameroon," *Biodivers. Conserv.*, 2011. DOI 10.1007/s10531-011-0095-z.
- [24] T. C. H. Sunderland, J. A. Comiskey, S. Besong, H. Mboh, J. Fonwebon and M. A. Dione, Vegetation assessment of Takamanda forest reserve, Cameroon. In; J. A. Comiskey, T. C.H. Sunderland and Sunderland GJL (Eds.), *Takamanda: the Biodiversity of an African Rainforest*, Washington DC: Smithsonian Institution, pp. 19-53, 2003.
- [25] S. D. Dibong, N. Din and R. J. Priso, "Diversité floristique et structure des forêts entre la plaine littorale et le plateau sud camerounais," *Sci. Technol. Développ.*, vol. 10, n° 1, pp. 7-15, 2003.

- [26] D. Y. Ndjoku, 2014. Inventaire de la forêt urbaine de Kisangani (P.O./R.D.C). Rapport de stage de licence, département d'écologie et ressources végétales. Université de Kisangani, Faculté des sciences, 2014. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [27] J. Lisingo Wa Lisingo, Typologie des forêts denses des environs de Kisangani en RDC par une méthode d'analyse phytosociologique multistrate. Mémoire de DEA, département d'écologie et gestion des ressources végétales. Université de Kisangani, faculté des sciences, 2009. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [28] F. Boyemba, Diversité et régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani. ULB, 2006.
- [29] B. Kanguéja, Analyse de la diversité des ligneux arborescents des principaux types forestiers du nord-est de la réserve de biosphère de Luki (bas-congo, RDC). Université de Kisangani, 2009. Disponible sur : <http://www.memoireenligne.com>
- [30] R. Schnell, Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Vol. 2 : les milieux, les groupements végétaux. Gauthier-Villars, 1971.
- [31] S.-M. Nshimba, Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiyé à Kisangani, R. D. Congo. Université Libre de Bruxelles, 2008.
- [32] B. Sonké, "Forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun): Études floristiques et structurales," Meise, Jard. Bot. Nat. Belg., *Scripta Botanica Belgica.*, vol. 32, pp. 1-144, 2004.
- [33] C. E. G. Tutin, E. A. Williamson, M. E. Rogers and M. Fernandez, "A case study of a plant-animal relationship: *Cola lizae* and lowland gorillas in the Lope Reserve, Gabon," *Journal of Tropical Ecology*, vol. 7, pp. 181-199, 1991.
- [34] V. Kimpouni, "Contribution à l'inventaire et à l'analyse de la flore ligneuse du plateau des cataractes (Congo-Brazzaville)," *Acta Botanica Gallica*, vol. 156, n° 2, pp. 233-244, 2009. doi:10.1080/12538078.2009.10516154 disponible sur : <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2009.10516154>
- [35] M. Loreau, A. Downing, M. Emmerson, A. Gonzalez, J. Hughes, P. Inchausti, J. Joshi, J. Norberg, O. Sala, A new look at the relationship between diversity and stability. In: M. Loreau, S. Naeem and J. Inchausti (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*, Oxford University: Oxford, pp. 79-91. 2002.
- [36] E. M. Bond and J. M. Chase "Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales," *Ecology Letters*, vol. 5, pp. 467-470, 2002.
- [37] P. S. Giller and G. O'Donovan, "Biodiversity and ecosystem function: do species matter? Biology and Environment," *Proceeding of the Royal Irish Academy*, vol. 1028, n° 3, pp. 129-139, 2002.
- [38] M. C. Caldeira, A. Hector, M. Loreau and J. S. Pereira, "Species richness, temporal variability and resistance of biomass production in a Mediterranean grassland," *Oikos*, vol. 110, pp. 115-123, 2005.
- [39] G. M. Mikkelsen, "Diversity-stability hypothesis," 2009. Accessible au <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group3/gmikke/web/dsh.pdf>
- [40] T. J. Wallington, R. J. Hobbs and S. A. Moore, "Implications of current ecological thinking for biodiversity conservation: a review of the salient issues," *Ecology and Society*, vol. 10, n° 1, pp.1-15, 2005. (online). <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art15/>
- [41] C. M. Peters, Exploitation soutenue des produits forestiers autre que le bois en forêt tropicale humide: Manuel d'initiation écologique. Washington: Programme d'Appui à la Biodiversité, 1997.
- [42] C. Lubini Ayingweu, La végétation de la réserve de biosphère de Luki au Mayombe (Zaïre). Meise, Jardin Botanique National de Belgique, *Opéra Botanica Belgica*, vol. 10, pp. 1-155, 1997.
- [43] L. White and A. Edwards, Conservation en forêt pluviale africaine: méthodes de recherches. New York: Wildlife Conservation Society, 2001.
- [44] J. Lebrun and G. Gilbert, Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. INEAC, vol. 63, 1954.
- [45] C.-A. Boupoya-Mapikou, Flore et végétation des clairières intra forestières sur sol hydromorphe dans le parc national de l'Ivindo (Nord-Est Gabon). ULB, 2011.
- [46] F. White, "The Guineo-Congolian region and its relationships to other phytochoria," *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, vol. 49, pp. 11-55, 1979.
- [47] F. White, La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 1986.
- [48] L. Kayumba, Étude écologique et phytosociologique du domaine de chasse de Bombo-lumene (Kinshasa/RDC), Fac. Sc. UNIKIN, 2005.
- [49] H. Belesi, Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas – Kasai en RDC. Fac. Sc. Unikin, 2009.
- [50] J.-P. Habari Mulavwa, Étude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation de Kinshasa et des bassins moyens des rivières N'djili et de N'sele en République Démocratique du Congo. Kinshasa, Université de Kinshasa, 2009.
- [51] B. Sonké, Études floristiques et structurales des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). ULB, 1998.

- [52] G. Cusset, La flore et la végétation du Mayombe congolais : état de connaissances. In: J. Sénéchal et al. (Éds.), *Revue des connaissances du Mayombe*. Paris : UNESCO, pp. 103-130, 1989.
- [53] M. Mosango, "La forêt secondaire âgée à *Zanthoxylum gillettii* de l'île Kongolo (Zaïre)," *Belg. Journ. Bot.*, vol. 124, n° 2, pp. 152- 166, 1991a.
- [54] M. Mosango, "Contribution à l'étude botanique et géochimique de l'écosystème forêt en région équatoriale (île Kongolo – Zaïre)," *Belg. Journ. Bot.*, vol. 124, n° 2, pp. 167-194, 1991b.
- [55] P. Van Asbroeck, L. A. Kouka et J. Lejoly, "Les associations végétales de ligneux dans la forêt à Marantaceae du Parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville)," *Colloques Phytosociologiques*, vol. 27, pp. 383–97, 1997.
- [56] V. Kimpouni, "Premières données sur la diversité floristique de la forêt d'Aubeville (Congo-Brazzaville)," *Systematics and Geography of Plants*, vol. 78, pp. 47-62, (2008)
- [57] L. A. Kouka, "Étude floristique des forêts du parc national d'Odzala (Congo Brazzaville)," *Acta Bot. Gallica*, vol. 53, pp. 49-81, 2006.
- [58] L. A. Kouka, "Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques dans le parc national d'Odzala (Congo - Brazzaville)," *Systematics and Geography of Plants.*, vol. 71, pp. 827-835, 2001.