

Analyse de la diversité floristique et de la structure de la végétation ligneuse à la périphérie du Parc National d'Odzala-Kokoua, République du Congo

Léon Dieudonné KONO^{1*}, Marie-Alain MBARGA BINDZI¹, Ruth Laure NNANGA MEBENGA¹, David KOULBOUT², Hyacinthe ANGONI¹ et Bruno ZOCK¹

¹ *Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique-Ecologie, BP 812, Yaoundé, Cameroun*

² *Délégation Régionale du Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation, BP 542, Bertoua, Cameroun*

(Reçu le 20 Juin 2024 ; Accepté le 24 Juillet 2024)

* Correspondance, courriel : l.kono@yahoo.fr

Résumé

Ce travail a pour objectif d'analyser la diversité floristique et la structure de la végétation ligneuse à la périphérie du Parc National d'Odzala-Kokoua (PNOK), situé au Nord-Ouest de la République du Congo. Une étude botanique basée sur les inventaires floristique et dendrométrique a été effectuée à la périphérie du PNOK. Ainsi 20 placettes de forme circulaire ont été installées le long d'un transect de 1,2 km. La distribution des types forestiers et la comparaison des moyennes des paramètres de structure de la végétation ont été exécutées dans le logiciel R version 3.0.2. L'ajustement des structures observées a été réalisé dans le logiciel XLSTAT Ecology version 2023.1.4. L'inventaire a permis de recenser 116 espèces réparties entre 99 genres et 35 familles. Le coefficient E/G (nombre d'espèces sur nombre de genres) montre que cette flore est diversifiée. La structure présente des variations entre les différents types forestiers. Cette étude a aussi montré que la baisse de la densité des juvéniles dans la classe de hauteur 25-50 cm compromet la dynamique de régénération naturelle de la végétation ligneuse. Ces résultats mettent en exergue les indicateurs d'état pouvant servir de base à l'aménagement durable de la végétation ligneuse à la périphérie du PNOK.

Mots-clés : *diversité floristique, régénération naturelle, Parc National Odzala Kokoua.*

Abstract

Analysis of floristic diversity and structure of woody vegetation on the periphery of Odzala-Kokoua National Park, Republic of Congo

The objective of this work is to analyze the floristic diversity and structure of the woody vegetation at the periphery of the Odzala-Kokoua National Park (PNOK), located in the northwestern part of the Republic of Congo. A botanical study based on floristic and dendrometric inventories was carried out at the periphery of the PNOK. Thus, 20 circular plots were set up along a 1.2 km transect. The distribution of forest types and the comparison of the means of the vegetation structure parameters were carried out in the software R version 3.0.2. The adjustment of the observed structures was carried out in the software XLSTAT Ecology

version 2023.1.4. The inventory identified 116 species distributed among 99 genera and 35 families. The E/G coefficient (number of species over number of genera) shows that this flora is diversified. The structure presents variations between the different forest types. This study also showed that the decrease in the density of juveniles in the height class 25-50 cm compromises the dynamics of natural regeneration of the woody vegetation. These results highlight the state indicators that can serve as a basis for the sustainable management of the woody vegetation at the periphery of the PNOK.

Keywords : *floristic diversity, natural regeneration, Odzala Kokoua National Park.*

1. Introduction

La gestion durable de la forêt dense humide d'Afrique centrale est un enjeu plus que jamais d'actualité dans un monde en plein essor démographique et économique. Cette forêt couvre environ 180 millions d'hectares et abritent une très grande diversité biologique [1]. Elle fournit des services écologiques, culturels et économiques à la population. La demande des produits et services de cette forêt suit le rythme de croissance démographique dans la sous-région d'Afrique centrale et influence de manière directe la dynamique du secteur forestier [2]. Une proportion relativement importante de cette forêt (14,8 %) est érigée en un réseau d'aires protégées qui constituent les principaux refuges de la diversité biologique [3]. C'est dans ces aires protégées que la conservation de la biodiversité est essentielle pour appuyer les mécanismes de remise en état des forêts et présente des principes écologiques applicables à la gestion forestière [4]. Ainsi, la conservation doit reposer sur une bonne connaissance de cette diversité biologique pour être efficace et mener des actions adéquates [5]. Malgré cette prise de conscience collective, l'érosion de la biodiversité se poursuit et constitue une menace pour l'humanité [6]. En Afrique, la déforestation a atteint des niveaux sans précédent [7]. La superficie forestière d'Afrique centrale jadis estimées à 200 millions d'hectares a été réduite de 18 millions d'hectares depuis l'an 2000 [8]. La République du Congo avec une superficie forestière de 23,5 millions ha soit 65 % du territoire national [9], possède un potentiel estimé à environ 6 000 espèces floristiques [10]. Elle abrite quatre parcs nationaux parmi lesquels le Parc National d'Odzala Kokoua (PNOK) reconnu comme un des plus grands et importants Parcs du Réseau d'Aires Protégées d'Afrique Centrale (RAPAC). Le PNOK est inscrit comme site pilote du RAPAC qui a pour mission la conservation et la valorisation de la biodiversité par l'aménagement et la gestion des zones bénéficiant d'un statut de protection, en prenant en compte les populations riveraines. Le PNOK fut créé en 1935 et fait partie des plus vastes aires protégées du Congo Brazzaville avec 1 354 000 ha [11]. Sa périphérie est transformée actuellement par les activités anthropiques pour répondre aux besoins socio-économiques des populations. Cela se traduit par la déforestation, l'intensification de l'agriculture et l'urbanisation. Ces activités engendrent de profondes modifications sur la diversité floristique et la structure forestière [12, 13]. Au Congo, très peu d'études se sont focalisées sur la structure de la végétation ligneuse à la périphérie des aires protégées en général. Dans la littérature scientifique consultée, les auteurs se sont essentiellement penchés sur la régénération des espèces ligneuses dans le PNOK [14], la diversité floristique dans le PNOK et en zone périphérique [12, 15]. Pourtant, la dynamique structurale est révélatrice des événements liés à la vie des peuplements [16] et permet d'envisager un aménagement durable pour répondre aux besoins croissants des populations riveraines. Ainsi, l'étude de la structure d'une formation végétale sert de base à sa restauration ou en sylviculture, guide l'économie forestière, permet d'évaluer l'état de dégradation des types forestiers, aide à comprendre l'historique de gestion passé des peuplements et l'évolution forestière [17]; en vue d'identifier les types d'aménagement à y appliquer. Dans ces conditions, la définition d'une bonne stratégie de gestion durable de la périphérie du PNOK nécessiterait l'analyse de la structure de son peuplement ligneux. L'objectif de ce travail est d'effectuer une évaluation

de la diversité floristique et la structure de la végétation ligneuse afin de connaître l'état des ressources végétales d'où l'intérêt de cette étude. Elle se propose de montrer l'influence des types forestiers sur la diversité végétale et la structure de la végétation ligneuse à la périphérie du PNOK. De façon spécifique, il s'agit de :

- déterminer la composition et la richesse floristiques des différents types forestiers ;
- décrire la structure démographique de la végétation ligneuse à la périphérie du PNOK.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite au sud-ouest de la périphérie du PNOK, notamment à Mbandza (00°34'10" N ; 14°39'30"E) qui est un des villages du district de Mbomo ; appartenant au département de la cuvette-ouest (**Figure 1**). Selon la classification [18], le climat est équatorial de type AW3 (station météo Odzala Kokoua ; 2021-2022 ; pluviométrie moyenne : 1700 mm ; température annuelle moyenne : 25 °C). La végétation est caractérisée par un fond floristique congolais [19]. Cette végétation est un mélange de deux principales formations végétales à savoir la forêt dense humide semi-sempervirente et la forêt à Marantacées. La première formation, très diversifiée, est riche en espèces dans les strates supérieures. Parmi ces espèces forestières on *Entandrophragma cylindricum* (Meliaceae), *Erythrophleum suaveolens* (Fabaceae), *Pentaclethra macrophylla* (Fabaceae), etc. Les arbres occupant la strate inférieure concerne *Lophira alata* (Ochnaceae), *Milletia laurentii* (Fabaceae), *Santiria trimera* (Burseraceae), etc. Le sous-bois est occupé par les Marantacées et peu de juvéniles d'espèces des strates hautes. La seconde formation végétale est caractérisée par une canopée ouverte avec, dans certains cas, des trouées de grande dimension dont le couvert arboré varie de 45 à 88 % [14]. Sur le plan floristique on y observe *Blighia welwitschii* (Sapindaceae), *Eriocoelum microspermum* (Sapindaceae), *Strombosia grandifolia* (Olacaceae), etc. En marge de ces types de végétation s'observent aussi les formations végétales anthropisées (jachères et forêts secondaires) qui sont la conséquence de l'agriculture itinérante sur brûlis. Sur le plan pédologique, on distingue les sols hydromorphes des vallées et les sols ferrallitiques établis sur terre ferme [20]. Le réseau hydrographique du PNOK est relativement dense. Sa charpente est tenue par la rivière Mambili et ses principaux affluents concernent la Lékoli et la Kokoua.

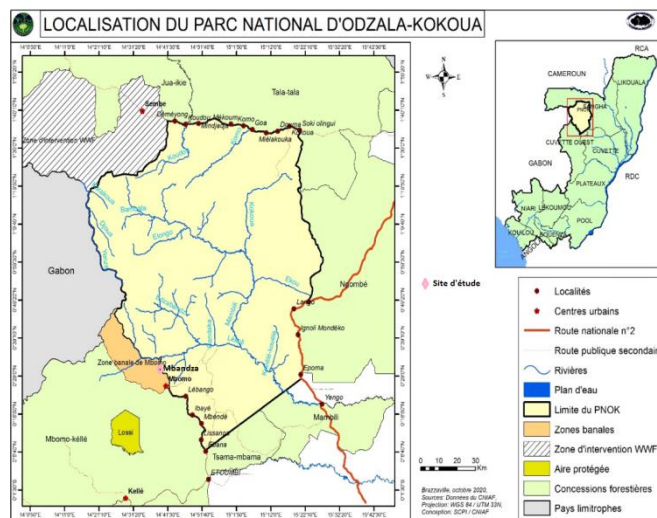


Figure 1 : Carte de localisation du site d'étude à la périphérie du PNOK [11]

2-2. Collecte des données

Les inventaires botaniques ont été effectués suivant un transect de 1,2 km de longueur dont l'orientation dépend du sol et des types forestiers. Ce transect traverse donc successivement : les jachères de plus de 5 ans (JCH) ; les forêts secondaires de terre ferme (FSC) de 20 à 50 ans ; les forêts denses mixtes de terre ferme (FDX) ; les forêts denses à Marantacées (FDM) avec une couverture arborée de plus de 50 % et établies sur sol périodiquement inondé ; et les forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (FGIL) sur sol hydromorphe. Sur chacun des cinq types forestiers, quatre placettes de forme circulaire et de rayon 25 m chacune (soit 0,20 ha) d'équidistance de 150 m, ont été installées de part et d'autre du transect allant des habitations villageoises au cours d'eau Koumbou. Un total de 20 placettes (4 ha) a donc été investigué sur le terrain. Les principales données collectées dans chaque placette ont été les suivantes : la détermination des espèces, le diamètre des individus ligneux à hauteur de poitrine (DHP) pris à 1,30 m du sol à l'aide d'un ruban dhp de 3 m, la hauteur totale et le nombre d'individus ligneux ($DHP \geq 10$ cm). Le nombre d'individus juvéniles ($DHP < 10$ cm) considérés comme régénération ont été comptés et leur hauteur a été mesurée dans chaque placette. La nomenclature adoptée est celle de la check-list des plantes vasculaires du Cameroun qui est en grande partie basée sur le système [21].

2-3. Analyse et traitement numérique des données

2-3-1. Composition et diversité floristiques

La composition floristique fait référence à l'ensemble de toutes les espèces végétales recensées dans la zone d'étude et correspond à la richesse floristique. La diversité floristique concerne l'aspect qualitatif de la flore. Cette diversité a été évaluée à l'aide du coefficient E/G (rapport du nombre d'espèces sur le nombre de genres) a été utilisé pour estimer la diversité floristique de la végétation du PNOK. Une faible valeur (proche de 1) de ce coefficient témoigne de la forte diversité de la flore [22].

2-3-2. Similitude floristique

La ressemblance floristique entre les différents types forestiers a été analysée à travers le coefficient de similitude [23]. Il varie de 0 à 100 suivant le nombre d'espèces communes (C). Plus l'indice est proche de 100 et plus il y a d'espèces communes. Le coefficient de similitude est calculé à partir de la **Formule** suivante :

$$IS = \frac{2c}{a+b} \times 100 \quad (1)$$

avec, A : Nombre total d'espèces pour la première communauté, B : nombre total d'espèces pour la deuxième communauté et C : Nombre d'espèces communes aux deux communautés.

Par ailleurs, la distribution des types forestiers a été étudiée, basée sur la matrice de présence/absence des espèces à l'aide d'une analyse factorielle de correspondance (AFC) avec le logiciel R.

2-3-3. Caractérisation dendrométrique

Les valeurs moyennes des différents paramètres dendrométriques ont été calculées suivant les types forestiers (**Tableau 1**). La densité des individus ligneux et celle des juvéniles de la régénération naturelle a été comparée suivant les types forestiers en utilisant le test de Tukey du logiciel R version 3.0.2. Ce test a aussi été utilisé pour comparer la variation des paramètres dendrométriques (la surface terrière, la hauteur moyenne et le diamètre moyen) en fonction des types forestiers. Les données dans les placettes ont permis d'illustrer la distribution des types forestiers en fonction de la densité, du diamètre et de la surface terrière des arbres adultes ($DHP \geq 10$ cm).

Tableau 1 : Description des paramètres dendrométriques

Paramètres	Formules	Interprétations
Densité (arbres/ha)	$N = \frac{n}{S}$	Nombre moyen d'individus ligneux par hectare ; n étant le nombre total d'individus ligneux trouvés dans la placette et S la surface de la placette (en ha)
Diamètre moyen (cm)	$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di^2}$	Diamètre moyen du tronc (Dg en cm) ; qui n'est autre que la moyenne quadratique des diamètres des individus ligneux, n étant le nombre total d'individus ligneux (dhp ≥ 10 cm) de la placette et di le dhp de l'individu i
Surface terrière (m ² /ha)	$G = \frac{\pi}{40000S} \sum_{i=1}^n d^2$	Somme des sections transversales des individus ligneux (dhp ≥ 10 cm) ; di est le dhp de l'individu i [16]
Hauteur moyenne (m)	$H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n hi$	Hauteur moyenne des individus ligneux ; hi est la hauteur totale de l'individu ligneux i
Densité moyenne de Régénération (juvéniles/ha)	$Nr = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^s dri$ Avec, $dri = \frac{ni}{S}$	Nombre moyen de juvéniles (dbh < 10 cm) par hectare

2-3-4. Structures démographiques

Pour la distribution en classe de diamètre, les individus ligneux mesurés ont été subdivisés en deux catégories : les juvéniles (0 < DHP < 10 cm) et les individus ligneux (DHP ≥ 10 cm). Ainsi, les données de mesure de diamètre du tronc des individus ligneux ont été regroupées en dix classes selon une amplitude de 10 cm. La structure démographique de la régénération a été établie sur la base de 10 classes de hauteur d'amplitude 25 cm. Ces classes de diamètre et de hauteur ont servi à construire des histogrammes de distribution. Les structures observées ont été ajustées à la distribution théorique de Weibull à trois paramètres [16] en utilisant le logiciel XLSTAT Ecology version 2023.1.4. La fonction correspondante de densité de probabilité f(x) est formulée par la **Relation** suivante :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp \left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right] \tag{2}$$

« x » étant le diamètre des individus ligneux, « a » le paramètre de position, « b » le paramètre d'échelle ou de taille et « c » le paramètre de forme lié à la structure observée

La distribution peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (c) [24] (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Interprétation de la distribution de Weibull suivant les valeurs du paramètre de forme « c »

c < 1	Distribution en J-renversé, caractéristique des peuplements multispécifiques à fort potentiel de régénération.
c = 1	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique de peuplements à fort potentiel de régénération mais confrontés à un problème de survie dans la succession des stades de développement.
1 < c < 3,6	Distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec principalement des individus jeunes (petites classes de diamètre). Elle peut également être caractéristique de peuplements ligneux à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes, surtout sur les individus jeunes (petites classes de diamètre).
c = 3,6	Distribution symétrique (structure normale), caractéristique des peuplements d'espèces à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes.
c > 3,6	Distribution asymétrique négative ou asymétrie gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec principalement des individus âgés (grandes classes de diamètre).

3. Résultats

3-1. Composition et diversité floristiques à la périphérie du PNOK

La végétation ligneuse comprend 116 espèces réparties en 99 genres et 35 familles. Cinq familles sont représentées chacune avec par au moins cinq espèces (**Figure 2**). Les Fabacées constituent la plus grande famille avec 21 espèces soit 18,10 % de la flore, et sont suivies par les Rubiacées et les Moracées qui ont 10 et 5 espèces respectivement. Les genres les plus riches sont *Cola* avec 4 espèces ; *Albizia* et *Anthonotha* avec chacun 3 espèces ; *Dacryodes*, *Dialium*, *Diospyros*, *Entandrophragma*, *Ficus*, *Fontumia*, *Pentaclethra* et *Zanthoxylum* avec 2 espèces chacun. Le coefficient E/G est de 1,17 ; cette valeur est proche de 1, ce qui indique une flore ancienne et diversifiée. La proportion des genres monospécifiques est 88,89 %. La faible valeur du coefficient E/G et la grande proportion des genres monospécifiques montrent que la flore de la végétation ligneuse à la périphérie du PNOK est bien diversifiée. D'un type forestier à un autre, la composition floristique diffère fortement. Les coefficients de similitude sont inférieurs à 50 % (**Tableau 3**), démontrant ainsi une grande hétérogénéité floristique entre les types forestiers. L'AFC met en évidence les affinités floristiques entre les types forestiers (**Figure 3**). Ainsi, l'axe 1 (19,96 %) permet d'individualiser globalement deux groupes floristiques : le groupe comportant les jachères et celui constitué par les forêts (forêt dense à Marantacées, forêt secondaire, forêt dense mixte et forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*). Cet axe 1 semble indiquer un gradient chronologique dans l'installation des différentes espèces. Sur l'axe 2 (13,77 %), deux groupes se distinguent aussi ; un premier groupe du côté négatif correspondant à la forêt dense à Marantacées et la forêt secondaire et, le second groupe occupant le côté positif (forêt dense mixte et forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*). Cet axe révèle une décroissance floristique, allant des forêts denses à Marantacées aux forêts denses mixtes en passant par les autres types forestiers.

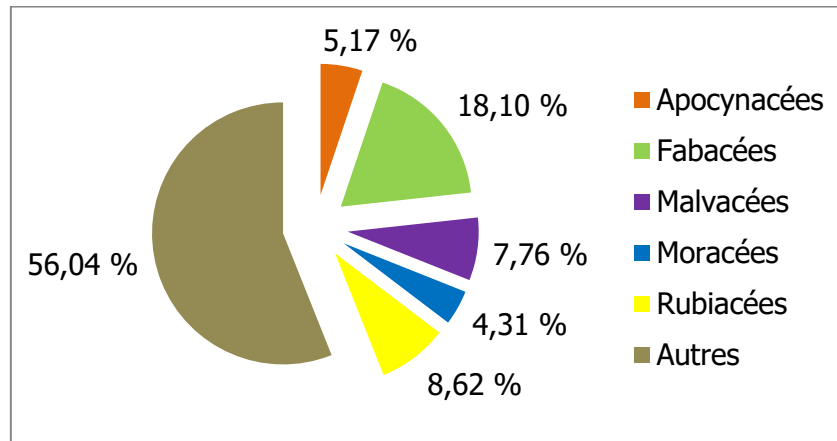


Figure 2 : Spectre des familles de la flore de l'ensemble des types forestiers

Tableau 3 : Coefficients de similitude entre les différents types forestiers. JCH : jachères ; FDM : forêt dense à Marantacées ; FSC : forêt secondaire ; FDX : forêt dense mixte ; FGIL : forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*

	JCH	FSC	FDX	FDM	FGIL
JCH	100				
FSC	27,69	100			
FDX	10,67	36,36	100		
FDM	3,57	40,58	37,97	100	
FGIL	9,09	30,38	35,96	28,57	100

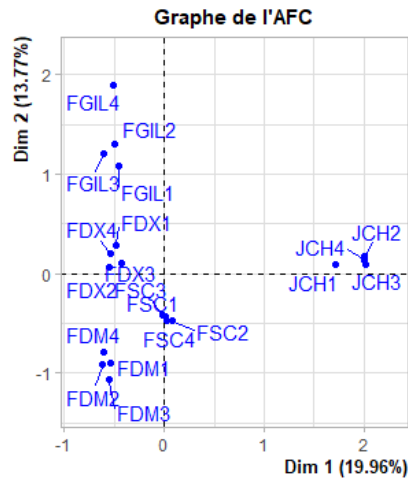


Figure 3 : Distribution des types forestiers en fonction de leurs compositions floristiques. JCH : jachères ; FDM : forêt dense à Marantacées ; FSC : forêt secondaire ; FDX : forêt dense mixte ; FGIL : forêt à Gilbertiodendron dewevrei

3-2. Structure de la végétation

3-2-1. Influence du type forestier sur les caractéristiques dendrométriques

Dans l'ensemble la densité, la surface terrière et le diamètre moyen sont significativement différents entre les types forestiers. Les individus ligneux possèdent la densité et la surface terrière les plus élevées dans la forêt dense mixte (**Tableau 4**). Les diamètres moyens les plus importants sont obtenus dans la forêt dense mixte, la forêt dense à Marantacées et la forêt à Gilbertiodendron dewevrei. La hauteur des individus ligneux ne présentent pas globalement de différences significatives entre les types forestiers. En ce qui concerne la régénération naturelle des individus ligneux, les densités des juvéniles sont faibles quel que soit le type forestier et ne varient pas significativement (**Tableau 5**).

Tableau 4 : Variations des paramètres dendrométriques des individus ligneux ($DHP \geq 10$ cm) suivant les types de types forestiers. JCH : jachères ; FDM : forêt dense à Marantacées ; FSC : forêt secondaire ; FDX : forêt dense mixte ; FGIL : forêt à Gilbertiodendron dewevrei

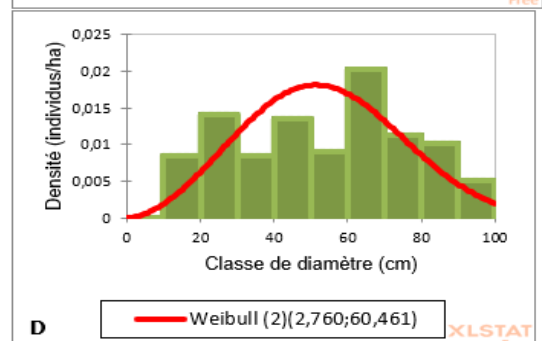
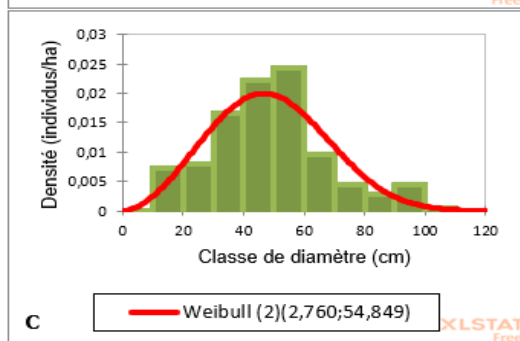
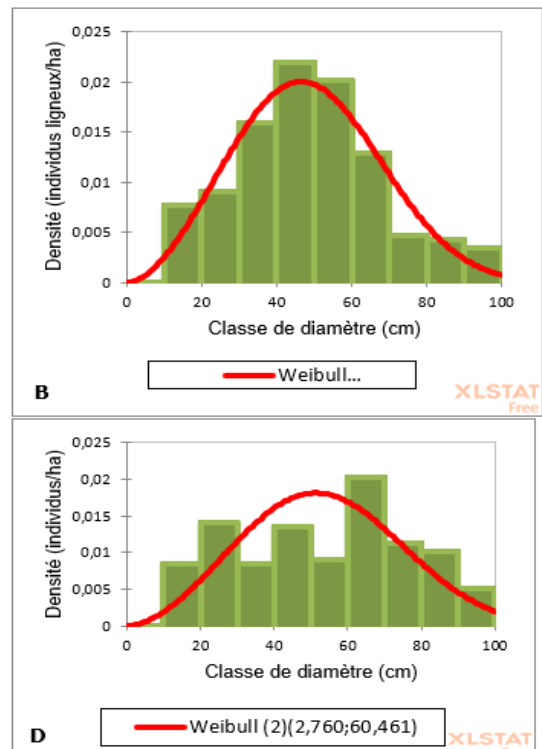
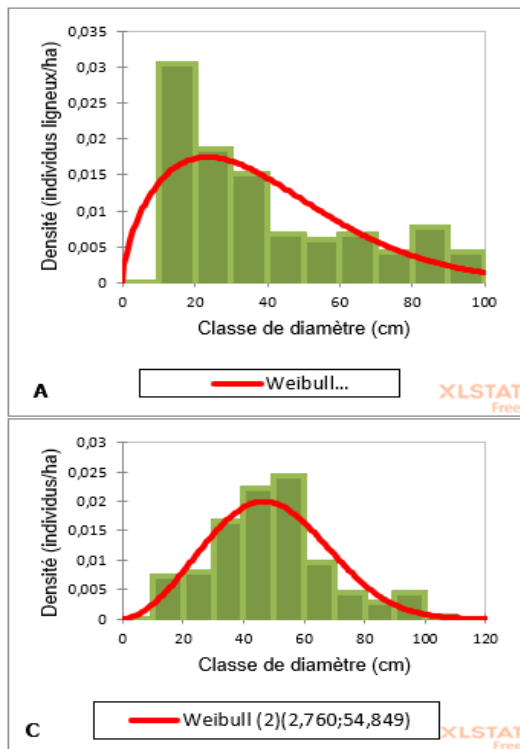
Paramètres dendrométriques	Types forestiers				
	JCH	FSC	FDX	FDM	FGIL
N (arbres / ha)	147,50 ± 14,43a	295,00 ± 42,43bc	311,25 ± 33,91c	222,50 ± 42,91ab	277,50 ± 61,17bc
G (m ² /ha)	7,86 ± 0,74a	20,09 ± 6,02ab	43,66 ± 1,37c	32,35 ± 8,38bc	37,75 ± 10,83c
Dg (cm)	26,13 ± 1,50a	29,36 ± 5,05a	42,39 ± 1,77b	42,77 ± 2,64b	41,38 ± 2,61b
H (m)	9,72 ± 0,95a	10,09 ± 2,73a	12,01 ± 0,35a	11,48 ± 0,67a	11,48 ± 0,63a

Tableau 5 : Variations de la densité des juvéniles suivant les types forestiers JCH : jachères ; FDM : forêt dense à Marantacées ; FSC : forêt secondaire ; FDX : forêt dense mixte ; FGIL : forêt à Gilbertiodendron dewevrei.

Paramètres dendrométriques	Types forestiers				
	JCH	FSC	FDX	FDM	FGIL
Nr (juvéniles / ha)	0,08 ± 0,03a	0,11 ± 0,01a	0,13 ± 0,08a	0,05 ± 0,05a	0,13 ± 0,02a

3-2-2. Structure des populations suivant les types forestiers

La distribution des individus ligneux en fonction des DHP dans les différents types forestiers présente une forme en cloche pour la forêt secondaire, la forêt dense mixte et la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (Figure 4B, C et E). Les individus ligneux à plus petits et gros diamètre sont peu représentés. La forme en dents de scie ou en structure erratique, observée dans la forêt dense à Marantacées (Figure 4D), traduit une répartition très irrégulière dans les classes de diamètre. La valeur du paramètre de forme «c» de la distribution de Weibull pour la forêt secondaire, forêt dense mixte, forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* et la forêt dense à Marantacées est égale à 2,76. Cette valeur inférieure à 3,6 met en exergue des peuplements ligneux à faible potentiel de régénération. En revanche, la structure démographique dans les jachères présente une distribution asymétrique positive (Figure 4A), traduisant une dominance des individus de petit diamètre. La distribution en classes de hauteur obtenue dans la strate de régénération présente une allure en forme de « L », traduisant une prédominance des individus de petite taille (Figure 5A, B, C et D). Cette allure est caractéristique d'un bon potentiel de renouvellement des populations. Cependant, la baisse des effectifs dans les classes de plus 50 cm de hauteur révèle des difficultés de survie des juvéniles.



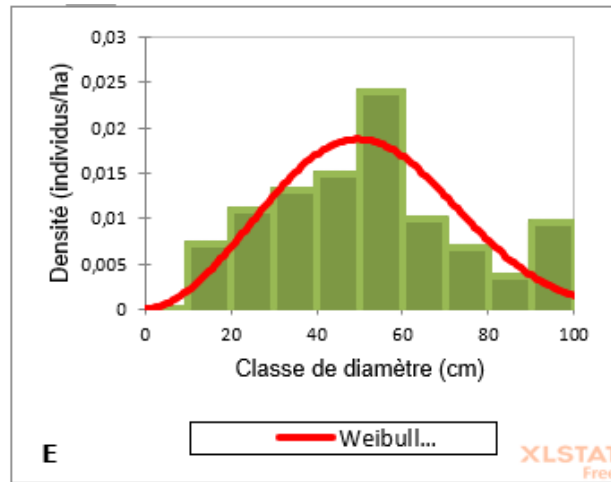
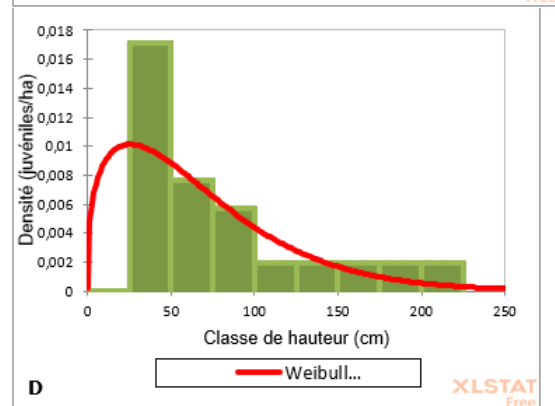
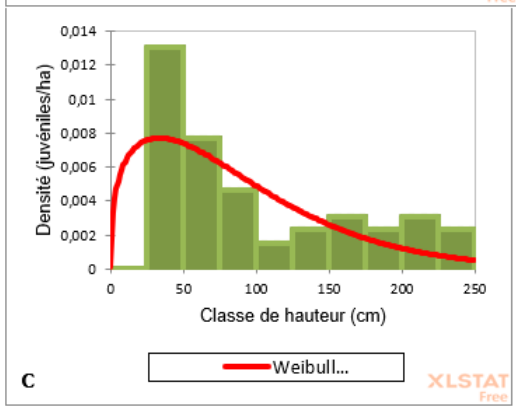
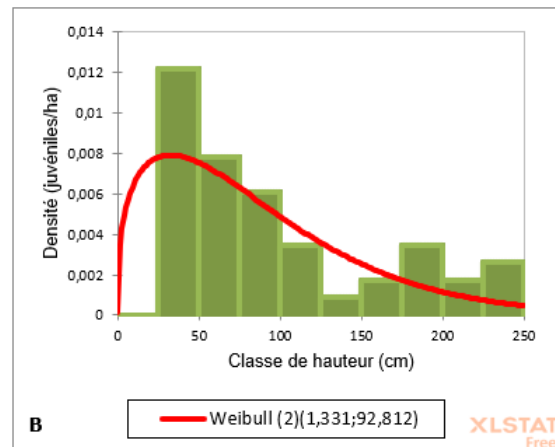
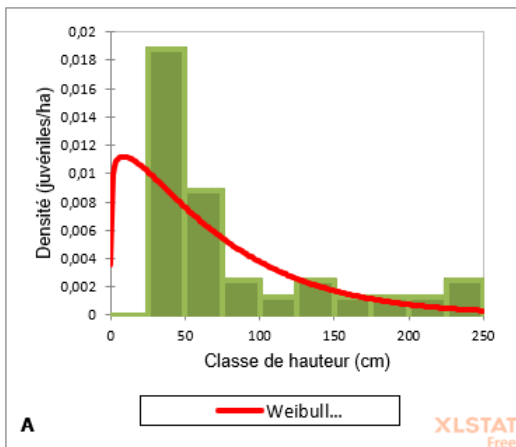


Figure 4 : Structure en diamètre des individus ligneux dans les types forestiers de Mbandza à la périphérie du PNOK

A : Jachères, B : Forêts secondaires, C : Forêts denses mixtes, D : Forêts denses à Marantacées, E : Forêt à Gilbertiodendron dewevrei



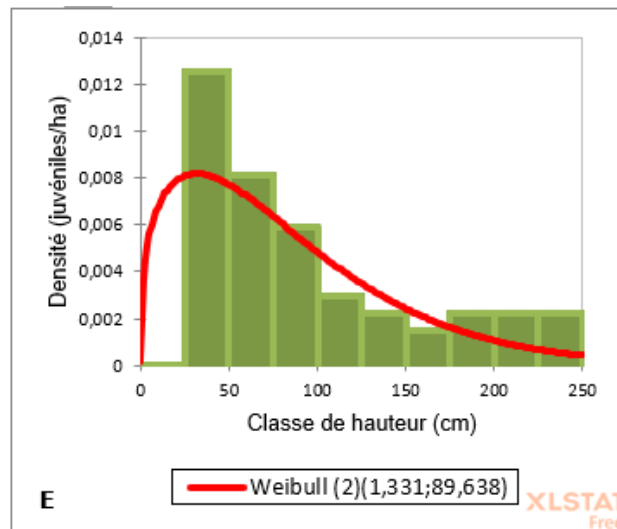


Figure 5 : Structure en hauteur des juvéniles de la régénération dans les types forestiers de Mbandza à la périphérie du PNOK

A : Jachères, B : Forêts secondaires, C : Forêts denses mixtes, D : Forêts denses à Marantacées, E : Forêt à Gilbertiodendron dewevrei

4. Discussion

4-1. Richesse spécifique, composition et diversité floristique

La présente étude a permis de recenser un total de 116 espèces réparties entre 99 genres et 35 familles. Cette richesse indique que la périphérie du PNOK présente dans son ensemble une végétation ligneuse assez riche et diversifiée regorgeant un potentiel ligneux considérable. De ce fait, une gestion durable et rationnelle de cette zone forestière pourrait être un atout nécessaire pour les populations vivant aux alentours. La végétation ligneuse de la périphérie du PNOK abrite au moins 1,93 % de la flore congolaise en prenant comme référence le catalogue des plantes vasculaires du Congo qui comprend actuellement 6000 espèces forestières [10]. Le coefficient E/G permet de conclure que la diversité floristique est élevée à la périphérie du PNOK. Ce résultat est similaire aux études menées par [25] qui ont établi une forte relation entre la richesse floristique et les paramètres environnementaux tels que la latitude, les précipitations, le sol, l'altitude et le continent. De plus, le site étudié est localisé dans une zone de forte pluviosité (plus de 1 700 mm/an). Ce même constat a été fait par [26] qui montrent que la richesse spécifique des forêts denses d'Afrique centrale augmente avec la pluviosité. La diversité floristique à la périphérie du PNOK obéit aux caractéristiques générales des forêts du Bassin du Congo. Les forêts de Mbandza sont marquées par quelques familles dominantes qui peuvent être utilisées pour caractériser un type de forêt [14]. Au vu des familles dominantes recensées dans le présent travail, les forêts de la périphérie du PNOK pourraient être caractérisées comme forêts à *Rubiaceae* et *Fabaceae*. La prédominance de la famille des *Fabaceae* dans cette flore des espèces à DHP ≥ 10 cm est analogue à la position de cette famille, avec environ 80 espèces dans la flore de toutes les catégories de DHP confondues dans plusieurs entités de forêt dense en Côte d'Ivoire [27]. Dans le contexte du présent travail, les *Fabaceae* recensées jouent un rôle majeur dans la composition floristique et la structure des peuplements. En outre, il est admis l'existence d'une similarité entre deux relevés lorsque la valeur du coefficient de similitude de Sørensen est supérieure ou égal à 50 % [28]. Nos valeurs oscillantes entre 9,09 et 40,58 % ; ce qui signifie que les types forestiers

présentent une grande variabilité de la composition floristique et que le terrain est hétérogène. Cette différence de composition floristique peut être expliquée par l'hétérogénéité des conditions environnementales [25]. Ainsi, les espèces se développant dans les différents types forestiers ne se trouvent pas dans les mêmes conditions biotopiques.

4-2. Caractéristiques structurales et contraintes à la régénération

Les résultats d'analyse de la structure des types forestiers montrent que la densité et la surface terrière sont plus élevées dans la forêt dense mixte ($311,25 \pm 33,91$ arbres /ha et $43,66 \pm 1,37$ m²/ha) et restent faible dans les jachères ($147,50 \pm 14,43$ arbres /ha et $7,86 \pm 0,74$ m²/ha). Ces résultats sont conformes à ceux généralement obtenues dans les forêts denses d'Afrique [29]. La plus faible densité et surface terrière observée dans les jachères révèlent la fragmentation des forêts. La fragmentation est considérée comme le premier indicateur de l'anthropisation [30]. Cette fragmentation des forêts denses humides est plus préoccupante car elle crée un déséquilibre naturel de forme, de taille et de répartition des espèces dans le paysage [31]. De plus, l'anthropisation de la couverture forestière entraîne une dynamique régressive de la structure des forêts et met en péril leur durabilité écologique. Dans ce contexte, les jachères devraient faire l'objet d'attention dans les initiatives visant à protéger les écosystèmes forestiers tropicaux. Elles jouent un rôle important pour la conservation de la biodiversité [32], et pour la préservation de la biomasse forestière qui augmente avec l'âge [33]. Les résultats de cette étude ont également montré que la répartition par classes de diamètre des individus ligneux présente une structure en cloche dans la forêt secondaire, forêt mixte et la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*. Ce type de répartition caractérise les peuplements à faible potentiel de régénération [16]. Le faible niveau de régénération et la rareté des individus de grand diamètre pourraient être dus à l'exploitation artisanale des grands sujets des espèces ligneuses dans les types forestiers étudiés. Compte tenu de la valeur commerciale de certaines espèces, les grands sujets sont souvent exploités par la population riveraine. Ces pratiques peuvent empêcher durablement la fructification et la régénération des individus ligneux [34]. D'autres facteurs non mesurés dans le cadre de cette étude pourraient également avoir influencé les résultats observés : les taux de production, de germination et de survie des graines, les attaques parasitaires par les ennemis naturels, les performances de croissance des jeunes plants de l'espèce, la concurrence intra- et interspécifique [34]. En effet, un faible pouvoir germinatif et de survie des graines des espèces peut entraver la production des graines et donc le recrutement dans les populations des espèces. Par ailleurs, l'une des causes responsables du déficit de régénération des juvéniles (DHP < 10 cm) dans les forêts denses à Marantacées peut-être expliquée par l'envahissement du sous-bois par des lianes et herbacées géantes (Marantacées et Zingibéracées) [13]. Les résultats de cette étude ont également montré la baisse de l'évolution démographique des juvéniles dans la classe de hauteur 25-50 cm. En premier lieu, la quasi-absence des juvéniles dans cette classe de hauteur pourrait être attribuée à la présence de populations d'herbivores qui consomment les feuilles et les bourgeons apicaux des plantules à leur hauteur, ou piétinent les plants [35]. En effet, le site d'étude est inclus dans la zone ETIC (Espace Tridom Interzone Congo) qui est un corridor de migration pour la faune sauvage. De ce fait, les forêts sont souvent assujetties aux pressions exercées par les populations d'herbivores (petits, moyens et grands mammifères) sur les juvéniles [11]. Ces pressions affecteraient la probabilité de survie des juvéniles jusqu'à l'âge adulte.

5. Conclusion

Le présent travail contribue à la connaissance de la diversité floristique et de la structure de la végétation ligneuse à la périphérie du PNOK, au Congo. Cette étude a montré clairement que la diversité floristique est élevée à la périphérie du PNOK. La végétation ligneuse comprend 116 espèces réparties entre 99 genres et 35 familles. Sur le plan structural, la densité et les caractéristiques dendrométriques des individus ligneux montrent des variations entre les différents types forestiers. L'étude de la structure des juvéniles indique également des difficultés dans la dynamique de la régénération naturelle à la périphérie du PNOK.

Remerciements

A l'issue de cette étude, les auteurs remercient le consortium PNUD-Congo, Ère développement (Cameroun) et Environnement plus (Congo-Brazzaville) pour les financements accordés à l'équipe pluridisciplinaire camerounaise pour le voyage et les campagnes de collecte des données botaniques au nord-ouest de la République du Congo. Une reconnaissance très méritée revient également aux examinateurs de notre manuscrit, pour leurs conseils et suggestions.

Références

- [1] - F. FETEKE, J. PERIN, A. FAYOLLE, K. DAINOU, N. BOURLAND, Y. L. KOUADIO, S. J. J. MONEYE, C. C. BEKONO, M. Y. LIBOUM, J. L. DOUCET and P. LEJEUNE, Modéliser la croissance de quatre essences pour améliorer la gestion forestière au Cameroun. *Bois et forêts des tropiques*, 325 (3) (2015) 5 - 20
- [2] - V. NGONO AMBASSA and E. H. BIYE, Synergie des champignons mycorhiziens arbusculaires et le type de substrat utilisé pour la régénération de trois essences forestières menacées dans la région du Centre Cameroun. *Afrique SCIENCE*, 24 (3) (2024) 75 - 86
- [3] - G. L. ITSOUA MADZOUS, D. JOMHA DJOSSI, C. DOUMENGE, T. MERCERON, D. MOKPIDIE, A. C. NSOM ZAMO, F. PALLA, W. E. WAITKUWAIT and T. ZOGNOU, Aires protégées d'Afrique centrale. État 2020. Neufchâteau, Belgique, (2020) 402 p.
- [4] - A. P. MISSAMBA-LOLA, D. BAZEBI MITOUKOUENDILA and J. J. LOUMETO, aractérisation de la banque de graines du sol des reliques forestières du littoral, République du Congo. *Afrique SCIENCE*, 19 (1) (2021) 90 - 106
- [5] - M. S. M. SOSEF, G. DAUBY and T. L. P. COUVREUR, Exploring the floristic diversity of tropical Africa. *BMC Biology*, 15 (1) (2017) 1 - 23
- [6] - M. Y. BELE, D. J. SONWA and A. M. TIANI, Adapting the Congo Basin forests management to climate change: Linkages among biodiversity, forest loss, and human well-being. *Forest Policy and Economics*, 50 (2015) 1 - 10
- [7] - Y. J. N'GUESSAN, K. R. KABLAN, N. D. OUATTARA, K. G. C. DOUFFI, E. GNAHORÉ and M. KONÉ, Anthropisation et dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 21 (6) (2022) 80 - 91
- [8] - R. EBA'A ATYI, Etat des forêts du bassin du Congo en 2021 : conclusion. *Les forêts du Congo*, (2021) 392 - 408
- [9] - FAO, Evaluation des Ressources forestières Mondiales, Rome : fao, (2010) 378 p.
- [10] - J. M. MOUTSAMBOTE, Etude écologique, phytogéographique et phytosociologique du Centre et du Nord-Congo, Brazzaville, (Plateaux, Cuvette, Likouala et Sangha). Thèse d'Etat, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, (2012) 632 p.

- [11] - J. J. LOUMETO, F. L. PACO-BOCKANDZA, F. E. MPAN, G. A. F. MALANDA, P. GALOY, A. B. DZAGNI ECKO, L. BOUETOU KADILAMIO, E. MENANZALA MIAMBAN, G. N. KABAFUAKO, A. G. ELENDE, T. BOHM, A. TREGOURES and VERMEULEN, Plan d'Aménagement du Parc National d'Odzala-Kokoua 2021–2030. Ministère de L'Economie Forestière, République DU Congo, (2021) 242 p.
- [12] - J. F. GILLET and J. L. DOUCET, A commented checklist of woody plants in the Northern Republic of Congo. *Plant Ecology and Evolution*, 145 (2012) 258 - 271
- [13] - L. A. KOUKA, Régénération des espèces ligneuses en forêt du parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville). *Acta Botanica Gallica*, 151 (3) (2004) 293 - 309
- [14] - L. A. KOUKA, Étude floristique des forêts du Parc National d'Odzala (Congo-Brazzaville). *Acta Botanica Gallica*, 153 (1) (2006) 49 - 81
- [15] - L. A. KOUKA, Recherche sur la flore, la structure et la dynamique des forêts du Parc national d'Odzala (Congo – Brazzaville). *Acta Botanica Gallica*, 149 (2) (2013) 225 - 235
- [16] - J. RONDEUX, La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Belgique. *Les Presses Agronomiques de Gembloux*, (1999) 521 p.
- [17] - V. KIMPOUNI, Phytoécologie des faciès à *Marantaceae* de la forêt de Lossi (Congo, Brazzaville). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (4) (2017) 1437 - 1460
- [18] - W. KOPPEN, Das geographische System der Klimate. In: Handbruch der Klimatologie. W. Koppen & R. Geiger, Berlin, (1936) 44 p.
- [19] - F. WHITE, The vegetation map of Africa. A descriptive memoir. *UNESCO Natural Resources Research*, XX (1983) 356 p.
- [20] - J. YOKA, J. J. LOUMETO, J. VOUIDIBIO and D. EPRON, Productivité herbacée des savanes de la cuvette congolaise (Congo-Brazzaville), *Afrique SCIENCE*, 24 (3) (2013) 89 - 101
- [21] - APG III, An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Society*, 161 (2009) 105 - 121
- [22] - D. F. MALAN, L. AKE ASSI, F. H. TRA BI and D. NEUBA, Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire), *Bois et Forêts des Tropiques*, 292 (2) (2007) 49 - 58
- [23] - T. SØRENSEN, A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 5 (4) (1948) 1 - 34
- [24] - B. HUSCH, T.W. BEERS and J. A. J. KERSHAW, Forest Mensuration. Hoboken, NJ, USA, John Wiley, 4th edition, (2003) 443 p.
- [25] - F. N. KOUAME, G. KOUAKOU, C. BAH-KOUAME and F. L. KOUASSI, Structure et diversité floristique en forêt dense de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 18 (6) (2021) 159 - 176
- [26] - J. LISINGO, G. DAUBY, O. HARDY, F. BOYEMBA, J. R. MAKANA and L. NDJELE, Spatial patterns of species richness in some forest blocks northeast of the Congo Basin: implication for regional diversity and conservation. *Geo-Eco-Trop*, 39 (2) (2015) 169 - 184
- [27] - F. N. KOUAME, A. BAKAYOKO, C. BAH-KOUAME, H. G. TERE and B. G. DOUGOUNE, Composition floristique des forêts denses en Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 19 (4) (2021) 147 - 158
- [28] - M. GOUNOT, Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, (1969) 314 p.
- [29] - N. E. BOLIA, J. B. Z. BOSANZA, M. M. MONGEKE and K. N. NGBOLUA, Études dendrométrique et floristique des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* d'une concession forestière en République Démocratique du Congo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 7 (1) (2019) 110 - 117
- [30] - E. GNAH, M. Y. SORO, Y. J. N'GUESSAN and A. BAKAYOKO, Effets de l'anthropisation sur la diversité floristique à la périphérie du Parc National du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 16 (4) (2020) 167 - 180

- [31] - J. M. KABUANGA, B. A. GUGUYA, E. N. OKITO, N. MAESTRIPIERI, M. SAQALLI, V. ROSSI ET L. I. W. MONGO, Suivi de l'anthropisation du paysage dans la région forestière de Babagulu, République Démocratique du Congo. *VertigO*, 20 (2) (2020) 1 - 27
- [32] - L. MANGAZA, J. R. MAKANA, W. HUBAU, D. J. SONWA, G. BATSI and A. FAYOLLE, Impacts du changement d'utilisation des terres sur la biomasse et la diversité dans le paysage forestier de la réserve de biosphère de Yangambi en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 353 (2022) 61 - 73
- [33] - D. KOULBOUT, L. D. KONO, P. LAGOUTE, M. A. MBARGA BINDZI and E. YOUMBI, Dynamics of High Conservation Values (HCV) species per different land-use patterns in the eastern periphery of the Dja Biosphere Reserve (Cameroon). *JECET*, 12 (1) (2023) 1 - 16
- [34] - G. GANKA, A. B. FANDOHAN and K. V. SALAKO, Impacts des tabous et des cérémonies rituelles sur la structure des peuplements de *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., un arbre sacré au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 357 (2023) 57 - 70
- [35] - C. ROSIN, Does hunting threaten timber regeneration in selectively logged tropical forests? *Forest Ecology and Management*, 331 (2014) 153 - 164