

Phytodiversité ligneuse et état de conservation des forêts sacrées dans le Moyen-Chari et le Mandoul au sud du Tchad

[Woody plant diversity and conservation status of sacred forests in the Middle Chari and Mandoul In Southern Chad]

Goy SARADOU¹, Mbatal TINGANE^{2,3}, Ibrahima ADAMOU³, and Guiguindibaye MADJIMBE²

¹Université de Sarh, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), BP 105 Sarh, Chad

²Université de Sarh, Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement (FSAE), BP 105 Sarh, Chad

³Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences (FS), BP 456 Ngaoundéré, Cameroon

Copyright © 2023 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: This study is carried out in 5 relatively better preserved sacred forests and aims to evaluate the diversity and the potential for natural regeneration of the woody stratum. Flower and dendrometric surveys are carried out in 3 plots of 50 m x 50 m installed in each of the sacred forests randomly and according to the homogeneity of the vegetation. The Shannon diversity and Pielou equitability indices, as well as the ANOVA test, are calculated from the PAST 4.10 software, were used to assess floristic diversity; the ecological importance of species and families was assessed from the calculations of the Importance Value Indices (IVI). There are 72 species in 59 genera and 23 families. The values of the diversity indices are from 2.53 to 2.90 bits for the Shannon index; from 0.62 to 0.84 for the Equitability of Pielou. Density ranges from 448.00 to 1046.70 individuals/ha and basal area ranges from 639.16 m²/ha to 759 m²/ha per forest surveyed. The most regular species are *Combretum collinum* Fresen., *Detarium microcarpum* Guill. and Perr., *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. and Perr., *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Prosopis africana* (Guill. and Perr.) Taub. The sacred areas of Hori and Koutou are in a better state of conservation. Regeneration is low and woody stands are subject to increased degradation due to anthropogenic pressure due to a loss of authority from traditional chiefs.

KEYWORDS: sacred forests, Chad, woody diversity, regeneration, conservation.

RESUME: Cette étude est menée dans 5 forêts sacrées relativement mieux conservées et vise à évaluer la diversité et les potentialités de régénération naturelle de la strate ligneuse. Des relevés floristiques et dendrométriques sont effectués dans 3 placettes de 50 m x 50 m installées dans chacune des forêts sacrées de façon aléatoire et en fonction de l'homogénéité de la végétation. Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piérou ainsi que le test d'ANOVA sont calculés à partir du logiciel PAST 4.10, ont été utilisés pour évaluer la diversité floristique; l'importance écologique des espèces et des familles a été appréciée à partir des calculs des Indices de Valeur d'Importance (IVI). Il a été recensé 72 espèces réparties en 59 genres et 23 familles. Les valeurs des indices de diversité sont de 2,53 à 2,90 bits pour l'indice de Shannon; de 0,62 à 0,84 pour l'Equitabilité de Piérou. La densité varie de 448,00 à 1046,70 individus/ha et la surface terrière varie de 639,16 m²/ha à 759 m²/ha par forêt inventoriée. Les espèces les plus régulières sont *Combretum collinum* Fresen., *Detarium microcarpum* Guill. et Perr., *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. et Perr., *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. Les aires sacrées de Hori et Koutou se présentent un meilleur état de conservation. Le taux de régénération est faible et les peuplements ligneux subissent une dégradation accrue due à la pression anthropique due à une perte d'autorité des chefs traditionnels.

MOTS-CLEFS: forêts sacrées, Tchad, diversité ligneuse, régénération, conservation.

1 INTRODUCTION

Selon l'article 8 de la CDB, « chaque Partie à la convention respecte, préserve et maintient les connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise l'application sur une plus grande échelle, avec l'accord et la participation des dépositaires de ces connaissances, innovations et pratiques et encourage le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation de ces connaissances, innovations et pratiques ». La création des espaces protégés traditionnels date de l'antiquité et est l'œuvre des chefs coutumiers et certaines communautés comme des sites sacrés dédiés aux rites culturels ou des réserves des ressources stratégiques [1]. Ces aires sacrées constituent la méthode traditionnelle de conservation de la biodiversité et aident à protéger des écosystèmes ou les habitats particuliers et présentent ainsi des aspects positifs, susceptibles d'enrichir la politique nationale en la matière [2]. Il existe des liens entre des croyances et la conservation d'étendues terrestres et aquatiques dans tous les systèmes de croyance [3]. Mais face à la pression foncière et les mutations socio-culturelles en rapport avec les religions monothéistes, ces forêts subissent actuellement des dégradations rapides et massives, entraînant la réduction de leur superficie, voire leur disparition

Sur tous les continents, les sites naturels sacrés et leur mode de gestion ont fait l'objet de plusieurs études scientifiques [4], [5], [6], [7]. Selon [8], un trait caractéristique des sites naturels sacrés est que des peuples veillent sur eux, parfois depuis très longtemps. Ce sont les gens qui ont servi de tuteurs et de gardiens des valeurs spirituelles, culturelles, biologiques et autres de ces sites et qui sont souvent clairement identifiés comme tels. Ils sont communément appelés autorités traditionnelles ou coutumières. Ces sites représentent les lieux de résidence des dieux, de l'esprit des ancêtres, d'initiation et d'intronisation des chefs traditionnels; et de prières pour la prospérité, de fécondité et de protection de la collectivité et des forêts donneurs de pluie [9].

Le réseau des aires protégées au Tchad couvre près de 10,2% de la surface du pays et reste globalement représentatif de toute la diversité des écosystèmes de la région [10]. De nombreux auteurs se sont intéressés à la végétation des aires protégées au sud du Tchad, notamment celle du Parc National de Manda dans le Moyen Chari [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Les forêts sacrées couvrent généralement de petites superficies, mais grâce aux méthodes traditionnelles de gestion, elles participent efficacement à la protection de la faune et de la flore [17]. Cependant, très peu d'études [18] ont été menées pour connaître l'état actuel des peuplements naturels dans les aires sacrées dans le Moyen Chari géographique. Par ailleurs, au Tchad comme en Afrique, les forêts sacrées connaissent une dégradation proportionnelle à l'augmentation des populations riveraines et du développement de leurs activités socioéconomiques [19]. Il est donc nécessaire d'étudier la flore de ces reliques de forêts dans le but de les valoriser et d'évaluer leur contribution à l'atténuation du changement climatique.

Le présent travail a pour but de contribuer -à une meilleure connaissance de la flore et de la dynamique de conservation de quelques forêts sacrées dans le Moyen Chari. De façon spécifique Il s'agit tout d'abord d'évaluer la diversité floristique de ces forêts sacrées en suite de déterminer leur structure et enfin d'estimer leur capacité de régénération.

2 MÉTHODE D'ÉTUDE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée les cantons Balimba et Djoli dans le Département de Barh-Kôh et, le canton Bédaya dans le Département de Mandoul Oriental (Figure 1). Cette zone s'étend sur une superficie de 17 258 km² au Sud du Tchad, entre les latitudes 8°50'00" et 9°40'00" Nord et les longitudes 17°60'00" et 18°30'00" Est; son altitude varie entre 326 à 388 m.

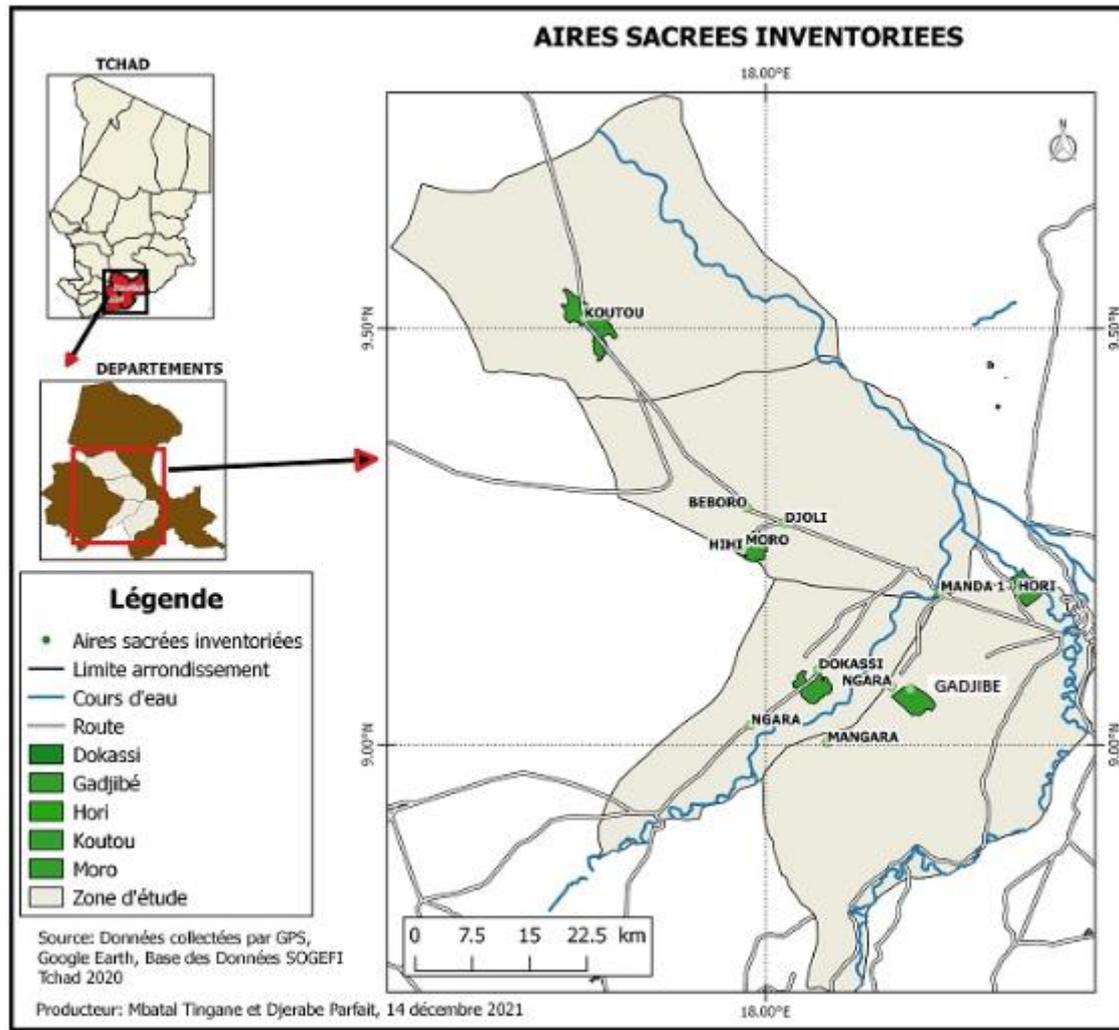


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Le climat est de type tropical avec une alternance de saison des pluies et de la saison sèche d'une durée moyenne de six mois chacune. Située dans la zone soudanienne et selon la station météorologique de l'Agence pour la Sécurité Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de l'aéroport de la ville de Sarh, la pluviométrie varie de 900 à 1 200 mm par an, la température moyenne annuelle oscille entre 25 °C et de 32 °C et le taux d'humidité varie entre 32 à 85 %. L'hydrographie est caractérisée par des cours d'eau permanents notamment les fleuves Chari, Bahr Sara, Bahr-Kôh, Bahr Keïta, Bahr Aouk et Mandoul qui sont les principaux pourvoyeurs des Provinces du Moyen Chari et Mandoul en poissons.

La végétation est constituée d'important massif forestier comprenant trois types de formations: les forêts claires, les savanes arborées et les savanes arbustives [20]. La formation arborée est composée des *Fabaceae* et des *Combretaceae*. Les espèces sont typiquement soudanaises où on rencontre *Vitellaria paradoxa*, *Ziziphus mauritiana*, *Parkia biglobosa*, *Prosopis africana*, *Burkea africana*, *Terminalia macroptera*. Les formations végétales pour les savanes sont les parcs à *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaica*, *Pseudocedrela kotschy*, *Grewia venusta*; et pour les forêts claires les espèces dominantes sont *Daniellia oliveri*, *Anogeissus leiocarpus*, *Lophira lanceolata*, *Isobertia doka*, *Azzeria africana*, *Sclerocarya birrea*, *Acacia seyal*, *Acacia sieberiana*, *Acacia polyacantha* et *Khaya senegalensis* [14], [21].

2.2 MÉTHODOLOGIE 2.2.1. INVENTAIRE FLORISTIQUE

Nous avons appliqué la méthode des quadrats expérimentée plusieurs fois en milieu tropical [22], [23]. L'aire de relevé est une placette carrée de 50 m x 50 m, soit 2500 m². Elle consiste à délimiter à l'aide d'une ficelle, de surfaces carrées de 50 m de côté à l'intérieur desquelles, l'on fait l'inventaire des ligneux en suivant les layons de 10 m de large et 50 m de long l'un après l'autre (Figure 2).

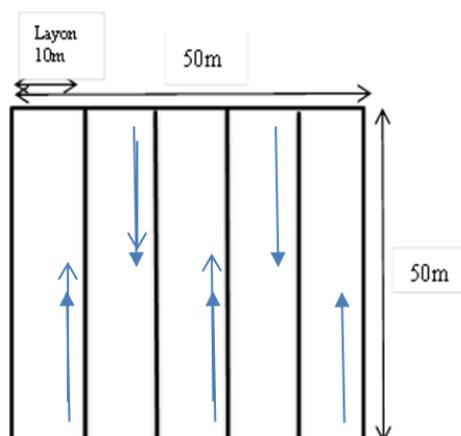


Fig. 2. Dispositif d'échantillonnage

Certains taxons sont identifiés sur place. Pour les échantillons litigieux, les flores du Sénégal [24] et du Tchad [25] ainsi que des bases de données numériques ont été mises à contribution. L'approche taxonomique utilisée est basée sur la dernière version APG IV de 2016.

La méthode d'inventaire adoptée est de type intégral. Au total, 15 relevés ont été effectués dans chaque aires sacrées. Pour chaque relevé, les caractéristiques d'identification du site, les conditions de stations (coordonnées géographiques, topographie, altitude) et les éléments relevant des perturbations anthropiques ont été notés.

2.2.1 MESURES DENDROMÉTRIQUES

Les paramètres dendrométriques qui ont été mesurés sont:

- Le diamètre à hauteur de poitrine (DHP ≥ 10 cm) à 1,30 m du sol à l'aide du ruban π ou décamètre pour les arbres.
- La hauteur des arbustes est obtenue à l'aide de la mire de 7 m et celle des arbres de grande taille grâce à l'usage de Altimeter BL6.
- La mesure du diamètre du houppier des ligneux est faite en tenant compte de l'orientation Nord-Sud et Est-Ouest par le décamètre grâce à la boussole.

2.2.2 INDICES DE DIVERSTÉ

Divers indices sont utilisés pour apprécier les descripteurs taxonomiques. Le calcul de la richesse spécifique (**S**) et la diversité au moyen de l'indice de Shannon *Weaver* (**H'**) et l'Équitabilité de Pielou (**EQ**) ont été effectués. Ces deux indices prennent en compte la richesse spécifique, la régularité de la distribution des espèces dans la communauté végétale, les indicateurs de la densité spécifique d'un peuplement et les mesures de la biodiversité.

- L'indice de Shannon se calcule sur la base de la formule suivante:

$H' = - \sum (ni/N) * \text{Log}_2 (ni/N)$, avec ni = effectif de l'espèce i , N = effectif de toutes les espèces; H' s'exprime en bit.

- L'Équitabilité de Pielou (**EQ**) correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible du nombre d'espèces (N). $EQ = SH/\text{Log}2N$. L'Équitabilité de Pielou varie de 0 à 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce. Elle est d'un (1) lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Pour mieux quantifier et comprendre la structure horizontale du peuplement végétal, les indices comme: l'abondance relative (**Do** = rapport du nombre total d'individus [Ni] d'une espèce sur le nombre total d'individus de toutes les espèces [N] de la communauté multiplié par cent), la fréquence relative de l'espèce (**FeR** = rapport entre la fréquence de l'espèce et les somme de toutes les fréquences multiplié par cent); la densité relative (**DeR**) et la dominance relative de l'espèce [**DoR** = rapport de la surface terrière d'une espèce (**Ste**) à la surface terrière totale de la communauté (**StC**) multiplié par cent] ont été calculés pour chaque espèce. L'Indice de Valeur d'Importance des espèces (**IVIE**) = Fréquence relative + densité relative + dominance relative (pour l'espèce) et l'Indice de Valeur d'Importance des Familles (**IVIF**) = Fréquence relative d'une famille + densité relative d'une famille + dominance relative d'une famille ont été également évalués.

2.2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Le logiciel PAST 4.10 a permis de faire l'analyse statistiques et de calculer les différents indices de diversité. Le test d'ANOVA a été utilisé pour comparer les moyennes. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses est de 5%. Le GPS Garmin 62 a facilité la manipulation et le traitement d'autres données.

3 RÉSULTATS

Dans la zone d'étude, 14 aires sacrées ont été recensées. Les sites choisis pour cette étude sont ceux considérés moins anthropisés parmi les autres aires sacrées très dégradées ou presque disparues. Il s'agit de cinq (5) aires sacrées à savoir Gadjibé, Hori, et Moro dans les cantons Balimba; Koutou dans le canton Djoli et Dokassi dans le canton Bédaya.

3.1 DIVERSITÉ FLORISTIQUE

La figure 3 résume les diversités taxonomiques, les indices de diversité ainsi que le nombre d'individus dans chacune des 5 forêts sacrées inventoriées. Il a été inventorié 72 espèces appartenant à 59 genres et 23 familles. Dans les placettes, on note au niveau spécifique une variation de 11 à 26 espèces soit une moyenne de $19,90 \pm 3,58$ espèces par placette et de 31 à 50 ($37,60 \pm 7,36$) espèces par aire sacrée. Le nombre de genres varie de 23 à 37 ($30,40 \pm 5,07$) par site. L'aire sacrée de Hori est la plus riche en familles (20), genres (37) et espèces (50) suivie de Koutou et Dokassi. Il n'y a pas de différences significatives entre les autres aires. Les familles les plus riches en espèces sont les *Fabaceae* (25 espèces), les *Combretaceae* (9 espèces), les *Rubiaceae* (6 espèces), les *Anacardiaceae*, *Malvaceae*, *Phyllanthaceae*, *Sapotaceae* (3 espèces), les *Anonaceae*, *Cannaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lamiaceae*, *Loganiaceae*, *Malvaceae*, *Meliaceae* et *Rhamnaceae* (2 espèces).

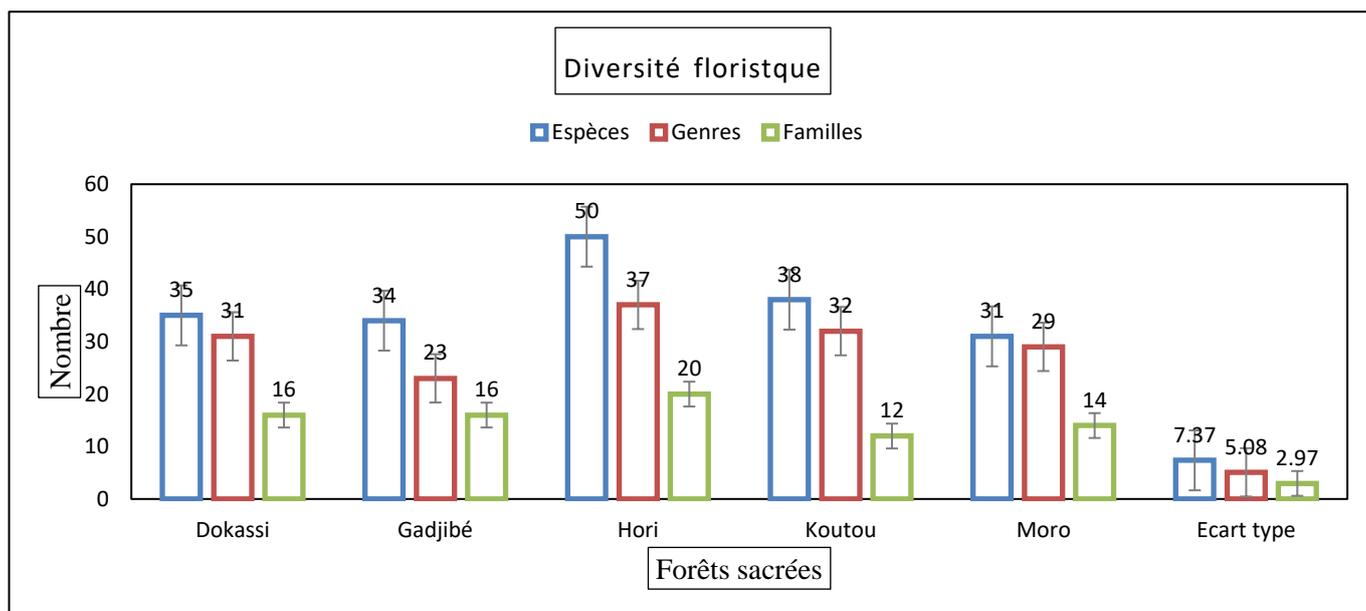


Fig. 3. Richesse taxonomique des parcelles inventoriées

Les espèces les plus présentes dans les parcelles sont (figure 4): *Combretum collinum* Fresen. Retrouvée dans 93,33% des parcelles, *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (93,33%), *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. et Perr. (80%), *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. (80%), *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. (73,33%), *Sterculia setigera* Del. (73,33%), *Strychnos innocua* Del. (73,33%), *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz. (66,67%) et *Strychnos spinosa* Lam. (66,67%). Les espèces riches en nombre d'individus sont: *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (746 individus), *Combretum collinum* Fresen. (341 individus) *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. et Perr. (290 individus), *Combretum molle* R.Br. ex G.Don (128 individus) *Combretum nigricans* Leprieur var *nigricans* (122 individus), *Terminalia glaucescens* Planch ex Benth. (121 individus) et *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst. (106 individus). Toutes les autres espèces ont un nombre de 1 à 75 individus. Certaines espèces peu dispersées comme *Mitragyna inermis* (Willd) O. Ktze comprennent beaucoup d'individus car elles forment des peuplements inféodés à des biotopes particuliers.

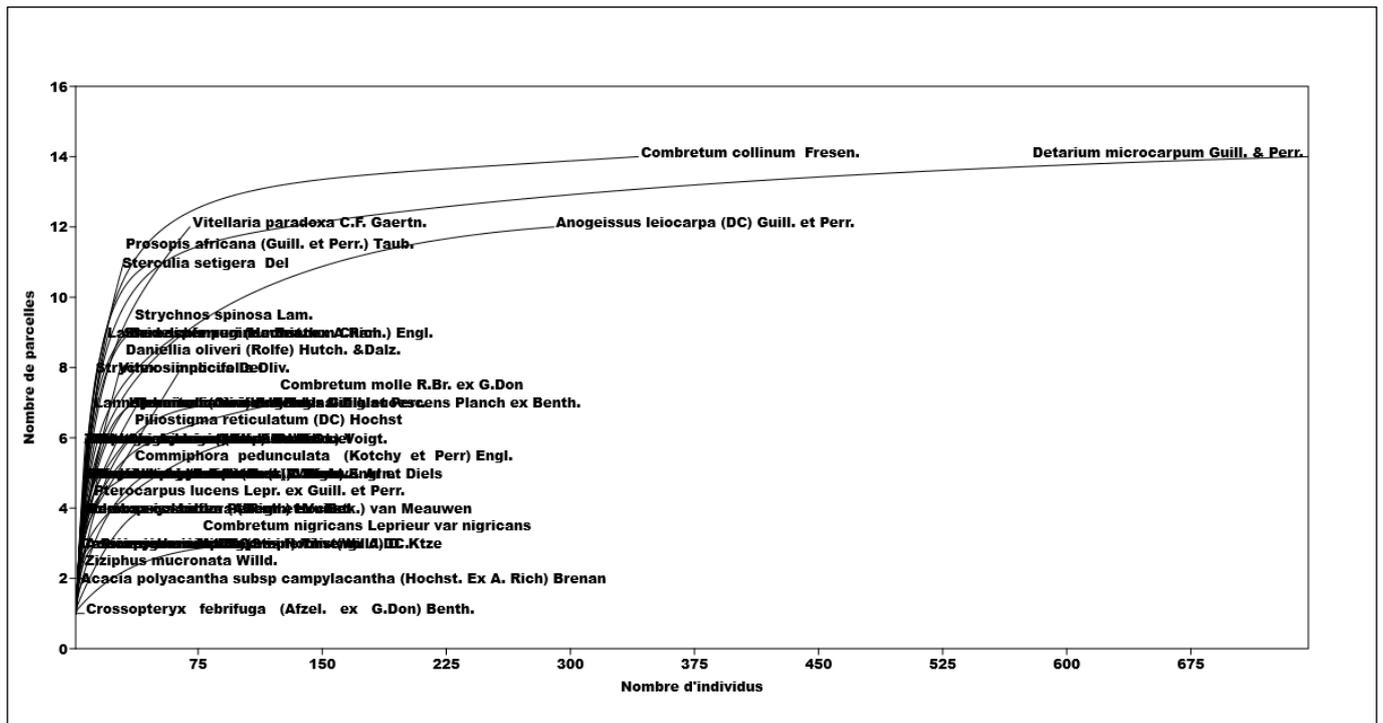


Fig. 4. Répartition des espèces dans les parcelles et nombre d'individus/espèces

3.2 INDICES DE DIVERSITÉ

Le tableau 1 montre que l'indice de Shannon varie en moyenne de 1,77 bits à Gadjibé à 2,80 bits à Hori traduit une diversité spécifique faible pour toutes les aires sacrées. Les valeurs moyennes de l'indice d'Equitabilité de Piélou qui varient de 0,58 à 0,78 révèlent qu'aucune espèce n'est véritablement dominante par rapport aux autres. Les moyennes de l'indice de Simpson qui varient de 0,68 à 0,89 sont sensiblement proches de 1, cela montre que les peuplements ligneux sont plus ou moins homogènes.

Tableau 1. Indices de diversité dans les parcelles des différentes forêts sacrées

	M1	M2	M3	K1	K2	K3	H1	H2	H3	G1	G2	G3	D1	D2	D3
Taxa_S	17	21	17	25	26	18	36	34	37	12	15	22	23	21	23
Individuals	109	148	83	363	217	214	424	169	212	110	102	156	171	231	178
Dominance_D	0,1774	0,1395	0,2363	0,2723	0,2868	0,38	0,08936	0,1286	0,1088	0,5862	0,1656	0,2078	0,4196	0,1947	0,1353
Simpson_1-D	0,8226	0,8605	0,7637	0,7277	0,7132	0,62	0,9106	0,8714	0,8912	0,4138	0,8344	0,7922	0,5804	0,8053	0,8647
Shannon_H	2,145	2,368	2,092	1,84	2,001	1,576	2,84	2,732	2,83	1,125	2,129	2,064	1,728	2,062	2,414
Equitability_J	0,7572	0,7777	0,7384	0,5717	0,6142	0,5454	0,7924	0,7747	0,7836	0,4528	0,7862	0,6677	0,5513	0,6774	0,7698
Fisher_alpha	5,646	6,684	6,473	6,091	7,71	4,683	9,396	12,82	12,97	3,43	4,851	6,984	7,154	5,613	7,034
Variance	28,25	40,03	22,18	477,00	180,78	234,84	194,27	47,64	62,00	96,84	23,13	67,31	166,23	136,75	55,64

3.3 INDICES DE SIMILITUDE ENTRE LES PARCELLES

Pour les aires sacrées de Dokassi, Koutou et Moro, les similitudes entre les parcelles ne s'observent qu'au sein de la même forêt: l'indice de similitude est de 84,07 % entre les parcelles de Moro (M1, M2 et M3), de 79,87% à 96,79% pour celles de Koutou (K1, K2 et K3) et 51% à 53,54% pour celles de Dokassi (D1, D2 et D3). Il existe une certaine affinité entre Hori et Gadjibé: 83,8% de similitude entre les parcelles G2 (Gadjibé) et H2 (Hori), 70,61% entre G3 et H1 (cf dendrogramme de la figure 5).

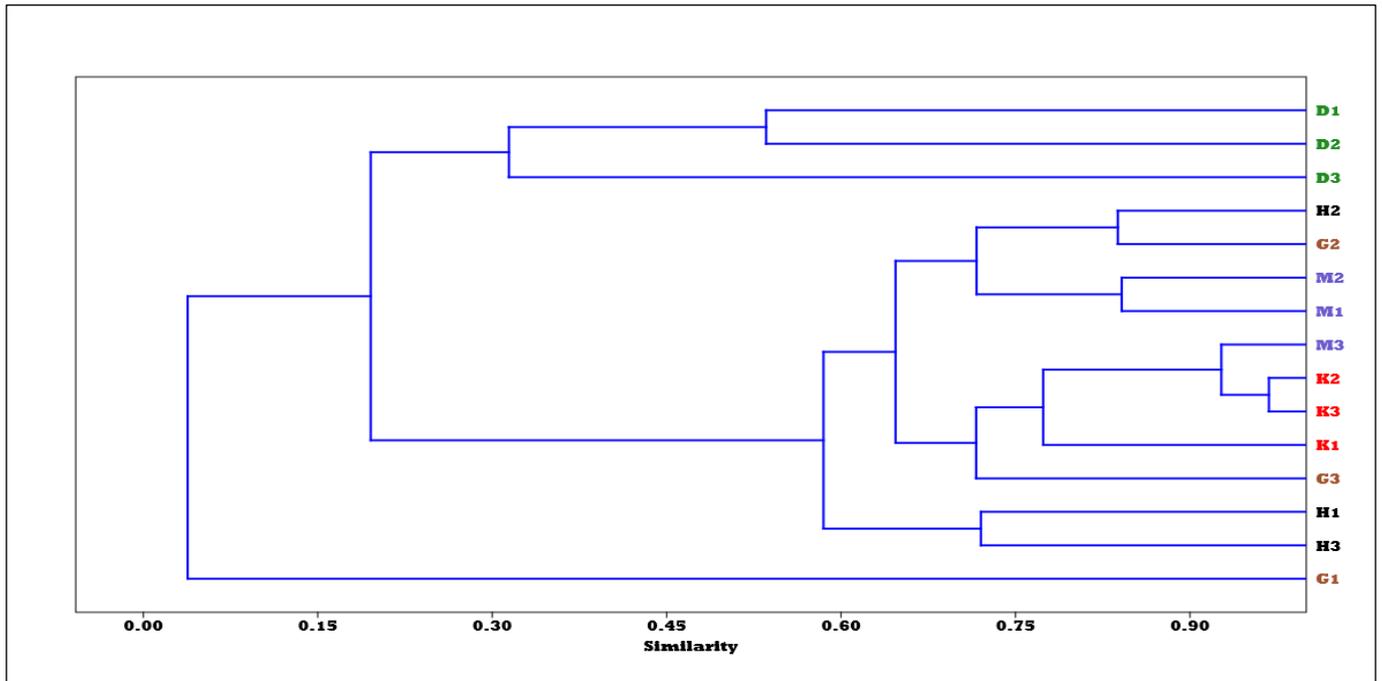


Fig. 5. Dendrogramme des similitudes entre les parcelles

3.4 DENSITE DES PEUPELEMENTS ET SURFACE TERRIERE

La densité moyenne varie de 448,00 à 1046,70 individus/ha. La plus grande densité est observée au niveau de Koutou (1063 individus/ha) suivi de Hori (1046,7), Dokassi (776 individus/ha) et Gadjibé (492 individus/ha). La plus petite densité est enregistrée au niveau de Moro (448 individus/ha). La moyenne à l'hectare pour l'ensemble des forêts sacrées est de 765,14±49,17 individus à l'hectare. **L'analyse de variance montre qu'il n'existe pas de différences significatives des densités ($F=2,70$ et $P=0,0925>0,05$) et les surfaces terrières ($F=2,45$ et $P=0,1140 > 0,05$) entre les forêts sacrées (Tableau 2 et figure 6).**

Les surfaces terrières sont généralement proportionnelles au nombre d'individus, mais aussi et surtout à la taille des individus présents. La surface terrière enregistrée par forêt, varie de 639,16±7,04a à 929,00±63,44a; la moyenne à l'hectare pour toutes ces forêts sacrées est 1579,19±221,17. La valeur la plus élevée de surface terrière (929,00 m²/ha) a été enregistrée dans l'aire sacrée de Gadjibé alors que la plus faible (639,16 m²/ha) a été obtenue dans l'aire sacrée de Moro. La valeur de la surface terrière la plus élevée obtenue dans l'aire sacrée de Gadjibé ($St = 929,00$ m²/ha) témoigne de l'existence de gros spécimens d'arbres. L'analyse statistique décèle une différence significative entre les différentes aires sacrées ($0,024<0,05$).

Tableau 2. Densité et surface terrière des aires sacrées inventoriées

Aires sacrées inventoriées	Densité (individus/ha)	Surface terrière (m ² /ha)
Dokassi	776,00±25,43abc	697,29±73,84ab
Gadjibé	492,00±21,45ab	929,00±63,44a
Hori	1046,70±107,32bc	4871,50±921,99b
Koutou	1063,00±66,24c	759,00±39,55a
Moro	448,00±25,45a	639,16±7,04a
Moyenne générale	765,14±49,17	1579,19±221,17

Les différences entre les moyennes qui partagent une même lettre ne sont pas statistiquement significatives.

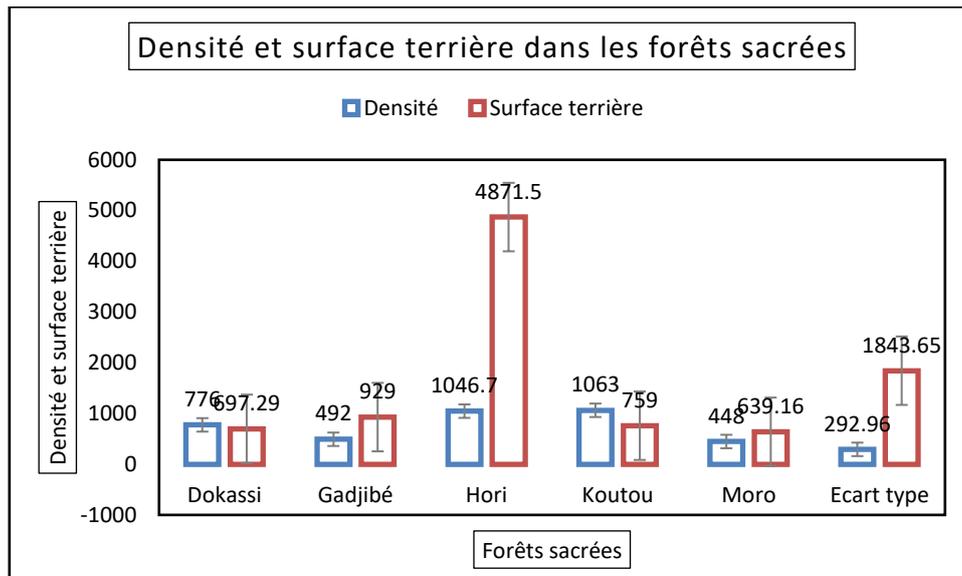


Fig. 6. Densité et surface terrière dans les différentes forêts sacrées

3.5 INDICES DE VALEURS D'IMPORTANCE DES ESPECES

L'observation des IVIE (figure 7) permet de dire que dans les aires sacrées, les espèces suivantes sont les plus importantes selon les forêts sacrées: *Anogeissus leiocarpa* (85,78%), *Combretum collinum* (58,63%) à Dokassi; *Terminalia glaucescens* (81,23%), *Detarium macrocarpum* (52,63%) à Gadjibé; *Detarium macrocarpum* (136,47%), *Piliostigma reticulatum* (25,96%) à Hori; *Detarium macrocarpum* (127,65%), *Combretum nigricans* (37,06%) à Koutou et *Daniellia oliveri* (87,50%), *Detarium macrocarpum* (51,59%) à Moro.

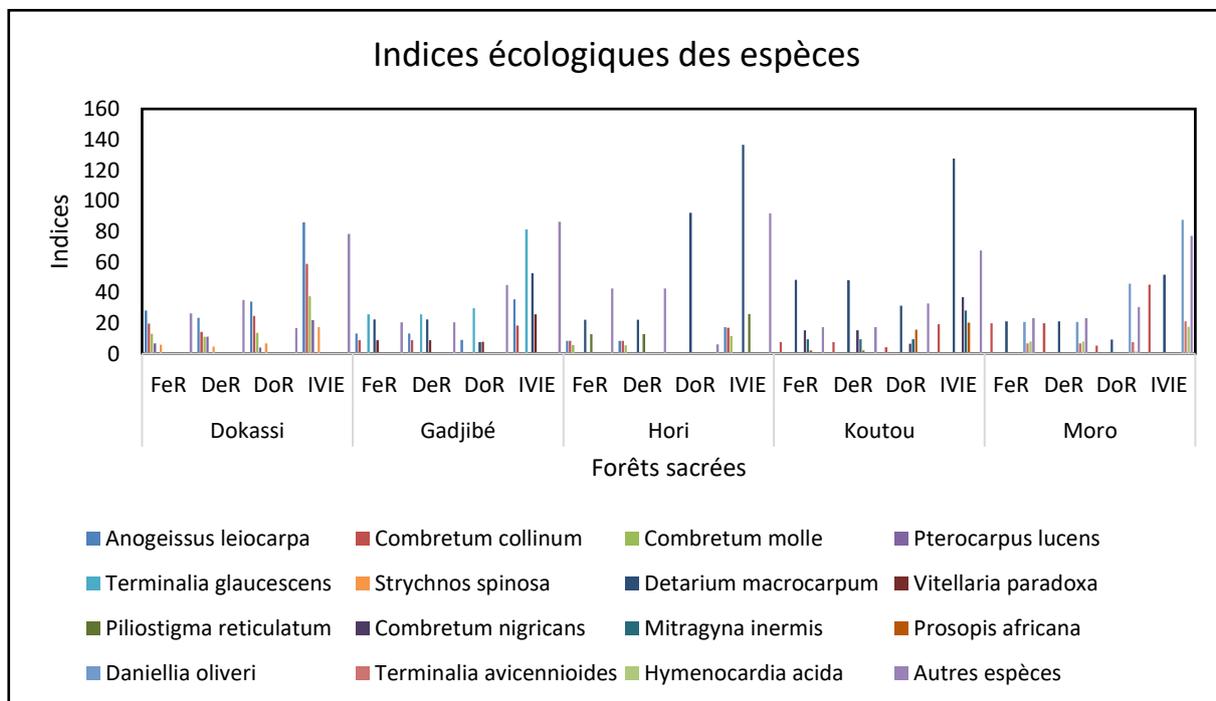


Fig. 7. Indices de valeurs d'importance des espèces dans les différentes forêts sacrées

FeR: Fréquence relative, DeR: Densité relative, DoR: Dominance relative, IVIE: Indice de valeur d'importance des espèces.

3.6 INDICES DE VALEURS D'IMPORTANCE DES FAMILLES

Le figure 8 présente la fréquence relative, la densité relative, la dominance relative ainsi que l'indice de valeurs d'importance des IVIF. Il en ressort que les familles ayant les plus fortes valeurs d'importance écologique sont les mêmes d'une aire sacrée à l'autre. Ainsi donc, les *Combretaceae* occupent le premier rang suivi des *Fabaceae* dans les aires sacrées de Dokassi et Gadjibé soit respectivement 196,58; 36,57 et 141,36; 74,66 dans les autres (Hori, Koutou et Moro); l'ordre de ces deux familles *Fabaceae* et *Combretaceae* a changé. Les « autres familles » représentent un IVIF inférieur à 36% de la valeur d'importances de chacune des aires sacrées.

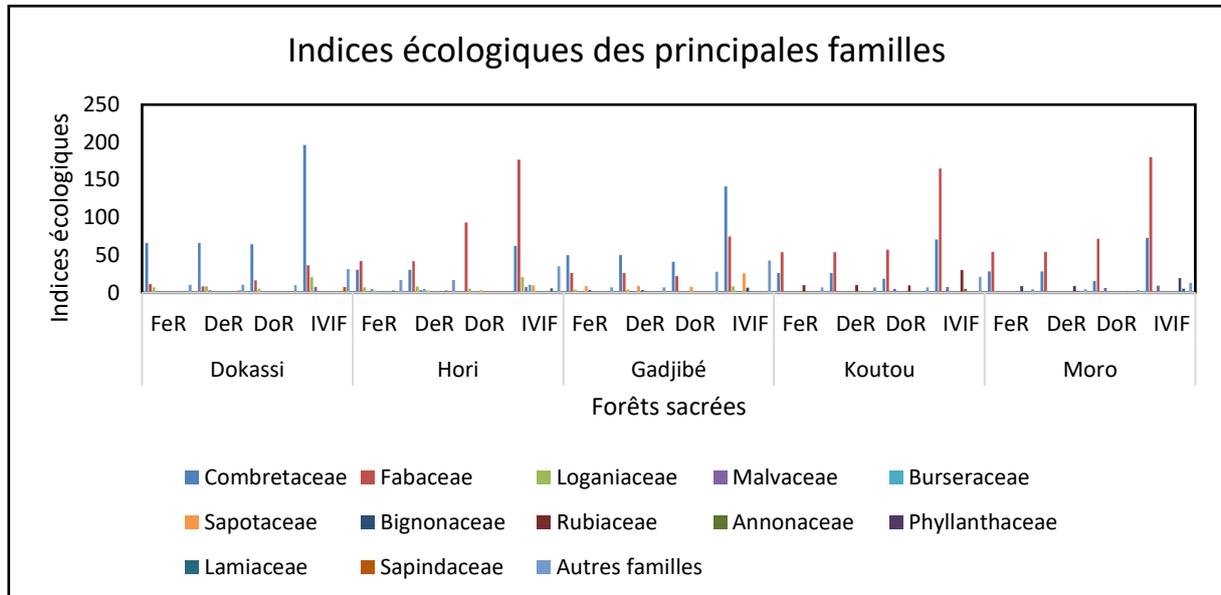


Fig. 8. Indices de valeurs d'importance des familles

FeR: Fréquence relative, DeR: Densité relative, DoR: Dominance relative, IVIF: Indice de Valeur d'Importance des Familles

3.7 STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE

3.7.1 STRUCTURE VERTICALE DES LIGNEUX

La figure 9 présente les classes de hauteurs dans les 5 aires sacrées. La proportion des individus reste plus importante pour les classes 2 - 4 m et 4 - 6 m pour toutes les aires sacrées. L'allure de la courbe est en forme de « cloche » plus étalée vers la droite. Les faibles hauteurs (< 2 m) et les ligneuses hautes (> 10 m) sont rares.

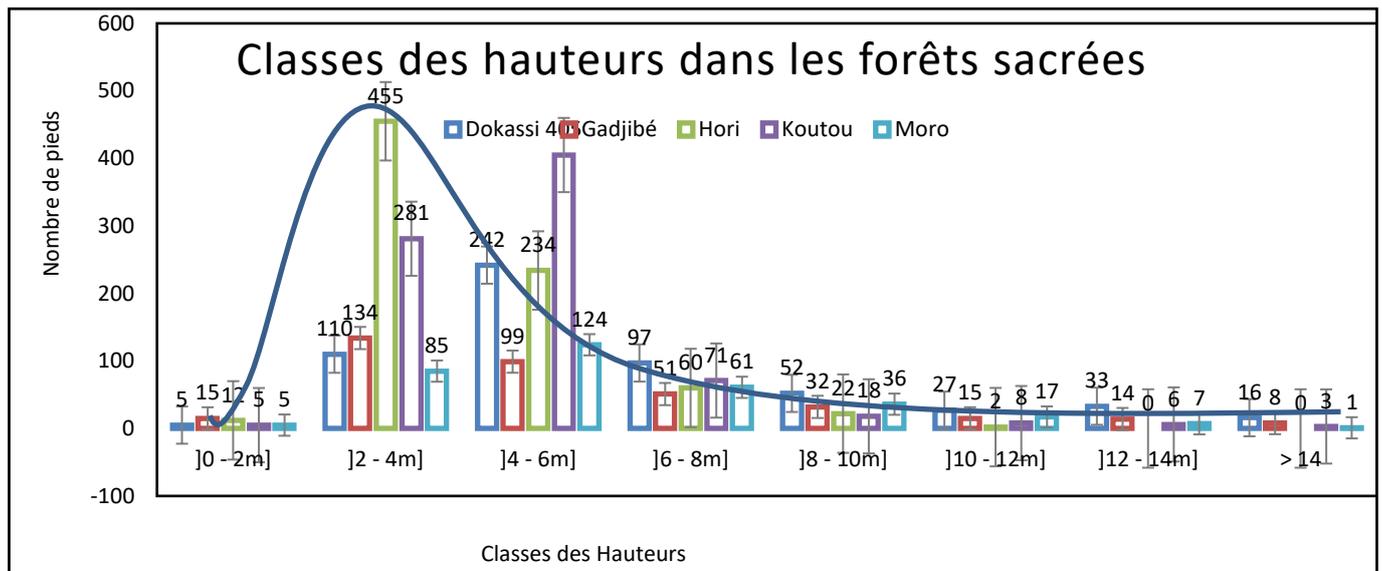


Fig. 9. Répartition des arbres des forêts sacrées par classes de hauteurs

3.7.2 STRUCTURE DIAMETRIQUE DES LIGNEUX EN FONCTION DE DHP

La variation du nombre d’individus en fonction des classes se présente globalement la même pour toutes les aires sacrées (Figure 10). On observe une forte représentativité des individus dans les classes des arbrisseaux [0-10 cm], puis dans la classe de petits arbres [10-20 cm]. La distribution des individus par classes de diamètre des forêts étudiées montre ainsi une allure en « J » renversé caractéristique d’un peuplement riche en individus jeunes. Les histogrammes des classes de diamètre sont caractérisés par une forte densité de régénération qui décroît avec le passage vers les classes d’individus plus âgés; ce qui traduit un peuplement à fort potentiel de régénération.

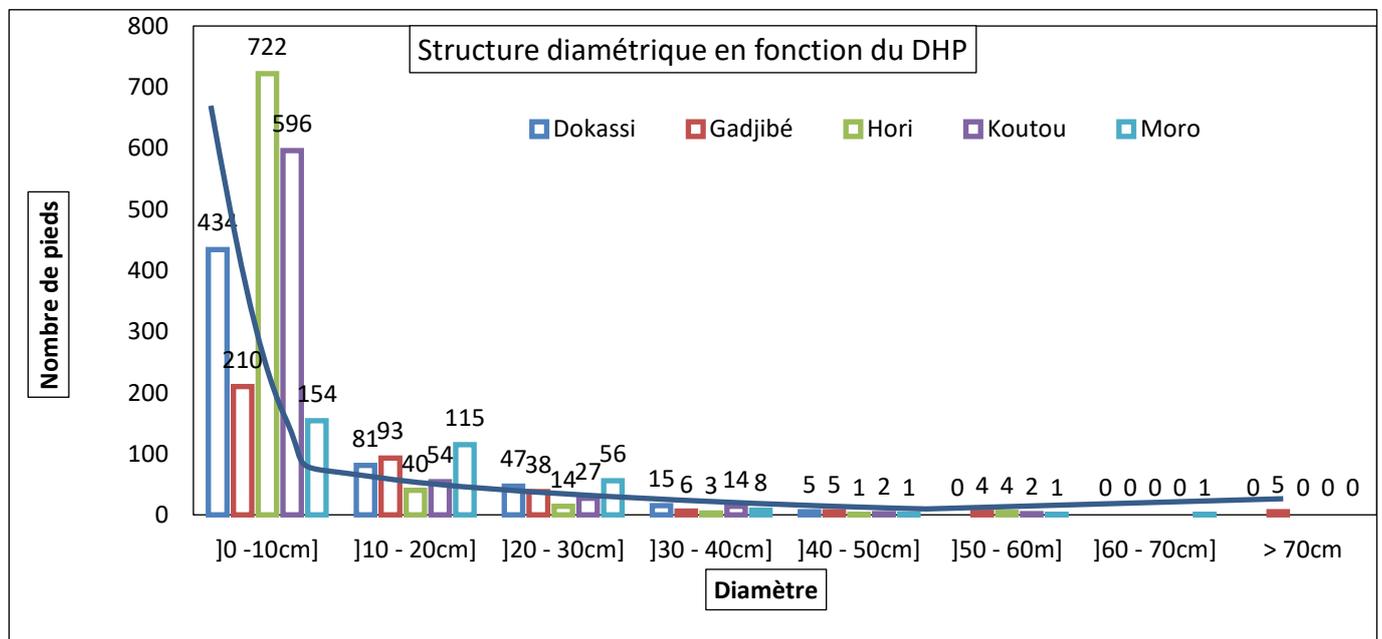


Fig. 10. Histogramme présentant la structure diamétrique en fonction du DHP

3.7.3 STRUCTURE DIAMETRIQUE DES LIGNEUX EN FONCTION DU HOUPPIER

Les individus se trouvant dans la classe de diamètre de la canopée de [2-4 m] sont les plus représentatifs dans toutes les aires sacrées suivis de la classe de diamètre [4-6 m] (Figure 11). Au-delà de 8 m, les individus deviennent de plus en plus rares.

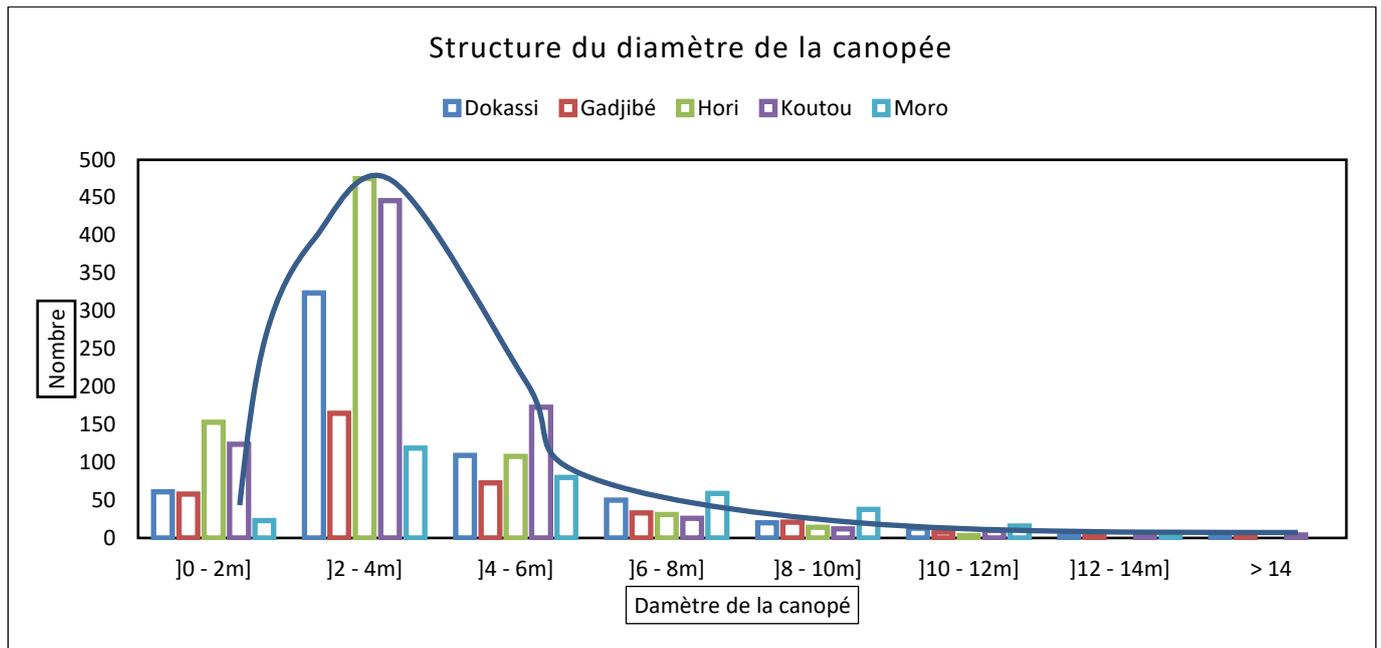


Fig. 11. Histogramme présentant la structure du diamètre du houppier

4 DISCUSSION

4.1 DIVERSITE FLORISTIQUE ET INDICES DE DIVERSITE

La richesse en flore ligneuse des 5 aires sacrées est de 72 espèces réparties en 59 genres et 23 familles. Des résultats similaires (73 espèces) ont été obtenus en Côte d'Ivoire [26] et dans la région centrale du Togo [27]. La diversité spécifique (52 espèces) à la périphérie du parc national de Waza au Cameroun dans la zone phytogéographique proche paraît faible [28]. Par contre, cette richesse spécifique (72 espèces) est inférieure à celles enregistrées dans les forêts sacrées du littoral dont les espèces sont évaluées à 218 [29] et dans les forêts sacrées de Ouidah au Bénin avec 247 espèces, 66 familles [30]. La richesse de ces aires peut s'expliquer par la biodiversité de leur région phytogéographique. Dans la zone d'étude, il a été recensés 87 espèces, 56 genres et 22 familles dans quelques parcelles installées dans le parc national de Manda proche de ces sites [31]. La richesse floristique ligneuse globale de ce parc serait de 137 espèces réparties en 107 genres et 38 familles [32]. Cette différence peut s'expliquer par une superficie plus importante du parc mais aussi par sa meilleure conservation. Les valeurs de H' (1,77 bits à 2,80 bits) expriment une faible diversité spécifique des aires sacrées étudiées. En effet, d'après Kent et Cooker (1992) cité par [33], une communauté forestière est considérée comme riche lorsqu'elle est caractérisée par une valeur d'indice de diversité de Shannon supérieure ou égale à 3,5 bits. Cependant, ces résultats sont proches de ceux des forêts sacrées de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin [34]; elles sont cependant inférieures aux valeurs enregistrées dans les forêts sacrées du Mont Oku [35]. Cela signifie que les aires sacrées sont moyennement diversifiées avec une répartition relative des individus entre les différentes espèces.

Parmi les aires sacrées inventoriées, Hori est celle dont tous les indices de diversité sont élevés et la plus riche en termes de phytodiversité. Elle est suivie respectivement de Koutou et Dokassi. Cet état de conservation assez efficace est dû au fait que les chefs coutumiers initiatiques et gardiens de ces aires sacrées à savoir le *Ngorgue* de Hori, le *Mbang* de Koutou et le *Ngague* de Dokassi sont encore influents et détiennent certains pouvoirs ancestraux encore redoutés par les autochtones et les allogènes. En effet, l'extension des activités agricoles constituent des freins à la phytodiversité des formations végétales.

Les IVIE et IVIF sont semblables aux valeurs des Forêts Sacrées dans les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun [38]. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que cette zone représente également l'aire de distribution de ces familles à large valence écologique dans la zone tropicale.

4.2 DENSITÉ DES PEUPEMENTS

La densité moyenne globale de 765,14 individus/ha est supérieure à celle obtenue dans la forêt classée de Djoli-Kira (95 à 220 individus/ha) située à proximité [16], à la périphérie du parc national de Waza au Cameroun (13,95 à 73,83 individus/ha) [28] et

dans les forêts sacrées du Sud-Est du Bénin (103 à 267 individus/ha) [34]. Cette valeur est très inférieure aux 2 304 individus/ha obtenue dans le parc national de Manda [31]. C'est donc une végétation plus clairsemée.

4.3 STRUCTURE DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE

La structure verticale et diamétrique du houppier présentent une allure en « cloche » plus étalée vers la droite; et pour la structure diamétrique en fonction du DHP la courbe est forme de « J » renversé. De telles courbes sont obtenues dans les hautes savanes guinéennes de l'Adamaoua au Cameroun [37] et sur la végétation de la réserve spéciale botanique de Noflaye au Sénégal [38] où environ 80% des sujets un diamètre est inférieur à 20 cm. Ces écosystèmes sont caractérisés par un peuplement de type 1 dominé par une forte présence d'individus dans les classes jeunes. Le nombre important de tiges d'avenir est un signe de bonne régénération et d'une évolution progressive si rien ne contrarie cette végétation [38], [19].

SURFACE TERRIERE

La faible valeur de la surface terrière de l'aire sacrée de Moro ($St = 639,16 \text{ m}^2/\text{ha}$) explique l'impact des activités anthropiques telles que l'abattage des individus lors des défrichements pour l'installation des parcelles agricoles, l'élagage des arbres pour complément alimentaire du bétail, l'installation des habitations (présence des éleveurs semi-nomades, les « Ndakara » à proximité). Ces valeurs sont supérieures à celles de la forêt sacrée du Mont Oku ($205,02 \text{ m}^2/\text{ha}$) [35] et de Kouoghap ($90,36 \text{ m}^2/\text{ha}$) [39]. Des travaux similaires ont montré que les formations ayant subies l'anthropisation (friches, champs, pâturages) réduisent considérablement les diamètres de la houpe [40].

4.4 ETAT DE CONSERVATION

Avant la colonisation, dans ces deux régions, la gestion de chaque ressource naturelle (végétale, faunique, terrestre, aquatique, spatiale,...) était confiée à un chef traditionnel attitré. Des méthodes traditionnelles de protection de la nature sont mises en place et respectées par les autochtones. La sacralisation des sites de pratique des rituelles d'initiation ont une influence positive sur la conservation des ressources ligneuses comme l'ont confirmé [41] et [42]. Le sacré a été l'un des plus puissants moteurs de la conservation, inspirant des sentiments d'admiration, de vénération et de respect [8]. Par exemple, les essences forestières à valeur socioculturelle telle que *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn, *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Combretum glutinosum* Perr. ex DC, *Tamarindus indica* L., *Khaya senegalensis* (Desr) A. etc, utilisées dans les rites d'initiation (*Yo Ndo*) et considérées comme hantées par les esprits, sont interdites à la coupe [18]. La cueillette des fruits sauvages à l'état immature avant les cérémonies d'offrande des fruits mûrs aux ancêtres est sensée attirer la malédiction sur les auteurs. La forêt sacrée de Dokassi par exemple, abrite une population de crocodiles destinée uniquement aux rites alors qu'ils ont disparus des autres cours d'eau de ces régions. Après l'indépendance et la formation d'un gouvernement central, ces pratiques endogènes jadis efficaces dans la conservation de la biodiversité sont de moins en moins respectées et les autorités traditionnelles ont perdu leur influence par manque de considération vis-à-vis des agents de l'Etat. Selon certains acteurs avisés, les causes sont multiples: afflux des populations allogènes, raréfaction des ressources naturelles, cupidité des chefs traditionnels, faiblesse dans l'application de la loi de la République, etc. En effet, nous avons constaté lors de nos travaux de terrain que certaines espèces ligneuses appréciées par le bétail sont systématiquement coupées par des éleveurs allogènes foulant au pied les us et coutumes locales. Certains autochtones également empiètent sur ces sites pour étendre les surfaces de culture. Selon [8], la perte rapide d'écosystèmes et de paysages de grande valeur culturelle risque de contribuer à des perturbations sociales et à une marginalisation sociétale. La présence de certaines espèces introduites telles que *Jatropha curcas* L., *Albizia lebbek* (L.) Benth., *Senna siamea* et *Gmelina arborea* (Lam.) H.S. Irwin et Barneby témoigne d'une intervention anthropique. On assiste à une implantation des espèces exotiques au détriment de certaines espèces spontanées. L'insuffisance de connaissance et le manque de formation des autorités coutumières aux pratiques d'aménagement et de protection des forêts naturelles [43] sont peut-être à l'origine de cette situation. La restauration de l'autorité des chefs coutumiers serait un atout non négligeable pour une gestion concertée des ressources naturelles.

5 CONCLUSION

Cette étude vise à évaluer la phytodiversité ligneuse de 5 aires sacrées des cantons Balimba, Djoli et Bédaya dans la perspective de leur valorisation et leur sauvegarde. Les résultats attestent que, quoique faible, les aires sacrées renferment diversité floristique qui mérite une attention particulière car indispensable au maintien de la biodiversité dans sa globalité. Les forêts sacrées de Hori et Koutou sont floristiquement plus riches car mieux conservés par les chefs traditionnels chargés de leur gestion sont encore respectés et redoutés. L'inventaire floristique a permis d'identifier les espèces les plus représentatives qui s'avèrent être celles qui subissent moins de pression pastorale. La distribution des individus par classes de diamètre montre une allure caractéristique d'un peuplement riche en individus jeunes, témoin d'une perturbation anthropique permanente qui le maintien dans cet état. Les

initiatives en faveur de la sauvegarde des aires sacrées et de la conservation de leur biodiversité doivent s'orienter vers une gestion participative en octroyant des pouvoirs accrus aux chefs traditionnels qui connaissent mieux leur terroir. La mise en place d'un cadre réglementaire et législatif permettrait d'avoir plus de lisibilité dans les prérogatives des différents acteurs. Il s'avère également nécessaire d'entreprendre des actions de formation et de sensibilisation des populations sur l'importance scientifique et socioculturelle des sites sacrés. La réhabilitation de ces aires est à envisager suivant un mode d'aménagement tendant à restaurer la biodiversité originelle. Nos résultats peuvent servir de bases de référence pour tout aménagement de ces forêts et constitue une garantie pour la conservation des espèces patrimoniales.

6 REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur profonde gratitude aux personnes qui les ont aidés dans la réalisation de cet article, en particulier les Chefs de canton des sites d'études, les chefs coutumiers et l'Inspection des Eaux et Forêt de Sarh ainsi que le Chef de Département de l'Environnement de l'Université de Sarh.

REFERENCES

- [1] M. Gauthier-Clerc, F. Mesléard et Blondel J., *Sciences de la conservation*. De Boeck Supérieur, 2014.
- [2] S. H. Luketa, Forêts sacrées et conservation de la biodiversité en Afrique centrale: cas de la RDC. *Canada, 0225-A3*. 2003.
- [3] N. Dudley, L. Higgins-Zogib, and S. Mansourian, «Beyond Belief, Linking faiths and protected areas to support biodiversity conservation», A research report by WWF, *Equilibrium and The Alliance of Religions and Conservation (ARC)*. Available at: <http://assets.panda.org/downloads/beyondbelief>, 2005.
- [4] S. Guinko, «Contribution à l'étude de la végétation et de la flore du Burkina Faso. Les reliques boisées ou bois sacrés», *Bois et Forêts des Tropiques*, 20 (8), 29-36, 1985.
- [5] T. Hay-Edie and M. Hadley, «Natural sacred sites—a comparative approach to their cultural and biological significance», *Conserving the Sacred for Biodiversity Management*, pp. 47-67, 1998.
- [6] R. Ray, M. D. S. Chandran and T.V. Ramachandra, «Biodiversity and ecological assessments of Indian sacred groves» *Journal of Forestry Research* 25, 21–28 <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0429-2>, 2014.
- [7] M. O. Hountondji, A. Y. C. Ajavon, A. H. B. Tente, et A. B. Sinsin, «Stratégies Endogènes de Gestion des Ressources Naturelles: Cas des Forêts Sacrées de la Commune de Tori-Bossito au Bénin (Afrique de l'ouest)», *European Scientific Journal*, Vol.15, No.15 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, 2019.
- [8] Doi: 10.19044/esj.2019.v15n15p12 URL: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p12>.
- [9] R. Wild, et C. McLeod, *Sites naturels sacrés: Lignes directrices pour les gestionnaires d'aires protégées*, Gland, Suisse: UICN. xii + 108 p. ISBN: 978–2–8317–1461–5, (2012).
- [10] k. Kokou, et N. Sokpon, «Les forêts sacrées du couoir du Dahomey», *Bois et forêts des Tropiques*, 288: pp 15-23, 2006.
- [11] S. R. Ballah, et M. Ndoutorlengar, «Dynamique des ressources naturelles dans le Parc national de Manda: Cartographie et analyse pour le Développement durable» *International Cartographic Association*, pp 1-6, 2017.
- [12] M.N. Kolmagne, Étude du peuplement de la faune et de la flore dans le parc de Manda, Ministère de l'Environnement et de l'Eau, 2000.
- [13] B. Ouya (2005), Les enjeux autour des aires protégées du sud-est du Tchad, dynamique d'occupation et partage de l'espace: cas du Parc National de Manda et Zakouma, Mémoire de Master I, Université de Montpellier III, 2005.
- [14] B. Chardonnet, et E. Boulanodji, *Plan d'aménagement du Parc National de Manda de 2011 à 2021*, Rapport provisoire. Rép. du Tchad, Ministère de l'Environnement et des Ressources Halieutiques /DPNRFC, 2010.
- [15] G. Saradoum, Etude phytosociologique et diagnostic faunique du Parc National de Manda au Tchad; éléments pour un aménagement, Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar, 2012.
- [16] B. Ngaryam, La problématique de gestion durable de la biodiversité au Tchad: impacts des aires protégées sur les zones périphériques – cas des parcs nationaux de Manda et Sena Oura. Thèse de Docteur de l'Université Paris 8, 2016.
- [17] G. Saradoum, L. F. Temgoua, M. O. Mbaikambeye, F. B. S. Tedou et A. Behimnan, «Estimation du potentiel de séquestration de carbone des aires protégées: cas de la Forêt Classée de Djoli-Kera, Tchad», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2022. [En ligne], Vol. 21 N° 3, Regards / Terrain, mis en ligne le 09 mai 2022, consulté le 11 mai 2022. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/34658>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.34658>.
- [18] K. Kokou, K. Adjossou et K. Hamberger, «Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2005, [En ligne], Vol 6 N° 3, mis en ligne le 01 décembre 2005, consulté le 12 août 2022. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/2456>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.2456>.

- [19] G. Madjimbe, G. Saradoum, T. Goalbaye, S. Mainkete et M. Naskida, «Connaissances traditionnelles de conservation de la biodiversité chez les peuples Sara Madjingaye au Tchad», *Annales de l'Université de Sarh*, ISSN 2707-6822 (Print), pp 217-246, 2021.
- [20] P. O. Agbani, A. Amagnide, C. Goussanou, F. Azihou et B. Sinsin, «Structure des peuplements ligneux des formations végétales de la forêt sacrée de Nassou en zone soudanienne du Bénin», *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (6), pp 2519-2534, 2018.
- [21] F. S. Soumah, K. Kokou, M. Diakité, Y. Camara, S. Kourouma et S. Kourama, «Analyse diachronique grâce aux images Landsat de la dynamique spatiale des forêts sacrées du haut bassin du Niger en république de Guinée», *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223: 250-266, 2021.
- [22] E. Waya, I. Adamou, and T. Paul, «Evolution and Traditional Importance of Manda National Park (MNP) in the Moyen-Chari Province of CHAD» *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, 6 (2), 65, 2021.
- [23] I. I.Toko, P. C. Djogbenou, O. Arouna, E. S. Sogbossi, et B. Sinsin, «Effets de la taille et des régions phytogéographiques sur la diversité floristique et la structure des forêts sacrées au Bénin», *Annales des Sciences Agronomiques (Bénin)*, 19 (1), pp 79-97, 2015.
- [24] Y-C., Hountondji, O.G, Gaoue, N, Sokpon, et P. Ozer, Analyse écogéographique de la fragmentation du couvert végétal au nord Bénin: paramètres dendrométriques et phytoécologiques comme indicateurs *in situ* de la dégradation des peuplements ligneux, *Geo-Eco-Trop.*, 37, 1: 53-70, 2013.
- [25] C. Vandhen Berghen, *Flore illustrée du Sénégal*. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, tome II, 1988.
- [26] J. César, J. et C. Chatelain, *Flore illustrée du Tchad*. Conservatoire et Jardin botanique de Genève en co-édition avec l'Université de N'Djaména et la Coopération Suisse au Tchad, 2019.
- [27] J. Ibo, «Contribution des organisations non gouvernementales écologistes à l'aménagement des forêts sacrées en Côte d'Ivoire: l'expérience de la Croix Verte», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 6 (1), 2005.
- [28] Boukepessi, T. (2008). Rôle socio-économique des Bois Sacrés du centre Togo. In 6th International Conference of Territorial Intelligence« Tools and methods of Territorial Intelligence», Besançon.
- [29] E. R. Jiagho, L. Zapfack, L. P. R. Kabelong Banoho, M. Tsayem-Demaze, J. C. et P. Tchawa, «Diversité de la flore ligneuse à la périphérie du Parc national de Waza (Cameroun)», *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 16 Numéro 1, 2016 URL: <http://vertigo.revues.org/17249>; DOI: 10.4000/vertigo.17249.
- [30] K. Kokou, A. D. Kokutse and K. Adjono, «Application of Ecological Indicators in Forest Management in Africa», in: *Jørgensen S.E., Xu F.L., Costanza R., (Eds)*, Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health, Taylor and Francis Group, LLC. 2010.
- [31] B. Tente, M. A. Baglo, J. C. Dossoumou et H. Yédomonhan, «Impacts des activités humaines sur les ressources forestières dans les terroirs villageois des communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè au centre-Bénin», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5 (5), pp 2022-2030, 2011.
- [32] G. Madjimbe, G. Saradoum, T. Goalbaye, E. Waya et J. Pounakoumna, «Dynamique des peuplements ligneux dans le Parc National de Manda, au sud du Tchad», *Journal of Animal and Plant Sciences*, 48 (1), pp 7139-7152, 2019.
- [33] G. Saradoum, A. Guissé, P. M. Ndiaye, et A. Diallo, «Caractéristiques phytoécologiques de la strate ligneuse du parc national de Manda, au Tchad», *Afrique SCIENCE* 13 (5), pp. 410- 421, 2017. [en ligne] URL: <http://www.afriquescience.info>.
- [34] H. Yédomonhan, G. J. Houenon, A. Akoègninou, A. C. Adomou, and G. M. Tossou, «The woody flora and its importance for honey production in the Sudano-Guinean zone in Benin», *International Journal of Science and Advanced Technology*, 2 (3), 64-74, 64-74, 2012. <http://www.ijst.com>.
- [35] R. K. Ali, J. Odjoubere, A. N. H. Tente, et B. Sinsin, «Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin», *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10 (2), 41-56, 2014.
- [36] E. Noumi E., and T. A. G. Tiam, «Floristic Inventory of Woody Species of the Oku Sacred Forest in the North-West Cameroon, Theoretical and Philosophical Approach», *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 3 (1), 66-91, 2016.
- [37] B. Tiokeng, M. L. Ngougni, V. F. Nguetsop, M. C. Solefack, and L. Zapfack, (2020). «Les Forêts Sacrées Dans Les Hautes Terres De l'OuestCameroun: Intérêt Dans La Conservation De La Biodiversité». *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (36), 234. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n36p234>.
- [38] M. M. Tchobsala, and K. Souare, «Impact of wood logging on the phytomass and carbon sequestration in the guinea savanna of NgaoundereAdamaoua Region, Cameroon», *Global Advanced Reacherch Journal of Environmental Science and Toxicology*. 3 (3), pp 38-48, 2014.
- [39] J. Diouf, M. S. Mbaye, A. A. Camara, B. Dieng, N. Diouf, M. Sarr et K. Noba, «Structure et dynamique de la flore et la végétation de la réserve spéciale botanique de Noflaye (Sénégal)», *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (3), pp 1458-1472, 2019.
- [40] E. Noumi, «Ligneous flora diversity of a submountain forest of west Cameroon; the Kouoghap sacred forest of the village Batoufam», *Journal of Ecology and the Natural Environment* 4 (1), pp. 8-28, 2012.

- [41] GIEC, 2000, Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie, Cambridge University Press, Royaume-Uni, 2000.
- [42] E.I.R. Koutchika, O. P. Agbani, et B. Sinsin, «Influence des perturbations anthropiques sur la biodiversité des bois sacrés du Centre Bénin». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (1): pp. 306-318. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.26>, 2013.
- [43] S. Savadogo, O. Sambare, et A. Thiombiano, «Écologie et diversité des bois sacrés et des savanes environnantes du secteur sud-soudanien du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) ». *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35 (3) pp. 5715-5733, 2018. <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- [44] N. Gueulou, B. Coulibaly, N. D. Ouattara, A. K. N'guessan, A. Ahoba et A. Bakayoko, «Modes de gestion et efficacité de conservation des reliques de forêts naturelles en zone tropicale sèche: cas du Département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire) ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (7): 3332-3346, 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).