



## RESEARCH ARTICLE

# DIVERSITÉ, DYNAMIQUE ET STRATÉGIES DE CONSERVATION DE LA VÉGÉTATION LIGNEUSE DU LAC FITRI (TCHAD)

GAIWA DAAKREO<sup>1,\*</sup> and DJANGRANG Man-na<sup>2</sup>

Assistante d'Université, Université de Doba, Faculté des Sciences, Département de Sciences Biologiques  
Directeur de l'Enseignement Supérieur Public, Enseignant-chercheur, Unité de télédétection, Centre National de Recherche pour le Développement

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 14<sup>th</sup> August, 2024

Received in revised form

27<sup>th</sup> September, 2024

Accepted 20<sup>th</sup> October, 2024

Published online 30<sup>th</sup> November, 2024

#### Key Words:

Diversité, dynamique, Végétation ligneuse, lac Fitri et Tchad.

#### \*Corresponding author:

GAIWA DAAKREO

### ABSTRACT

Dans le bassin du lac Fitri, on observe la présence de plusieurs formations végétales très variées allant des forêts claires aux différents faciès de savanes et des champs. Pour ce faire, une étude a été menée dans le but de caractériser la flore et la végétation, d'évaluer l'impact de l'anthropisation et de déterminer les facteurs responsables de la dynamique du bassin du lac Fitri. La méthodologie utilisée a consisté à réaliser des enquêtes socioéconomiques, de déterminer la composition floristique et la structure du peuplement ligneux dans quatre types de formation végétale. Les inventaires floristiques ont permis de recenser 21 espèces, réparties en 14 genres et 10 familles. Cette richesse spécifique varie suivant les types de formations végétales définies. La richesse floristique a été relativement importante dans les savanes arbustives et dans les champs que dans les autres les unités de formation végétale. La flore ligneuse est dominée par les Mimosaceae et Balanitaceae. La densité des ligneux est de 128 ind. ha<sup>-1</sup>. La végétation de tous les types de formations végétales présente une structure verticale qui présente une répartition en classes de hauteur en forme de U renversé plus prononcé vers la gauche. On note un recouvrement moyen (49,37%) du couvert végétal et une difficulté de régénération des espèces. Les indices de diversité calculés indiquent une faible diversité des espèces dans les peuplements ligneux des différents types de formation végétale de la zone d'étude. Ces indices prouvent que même si la diversité floristique n'est pas assez forte, les espèces présentes sont distribuées de manière homogène et ont une répartition très irrégulière des effectifs entre ces espèces ou une répartition relative irrégulière des individus au sein des différents types de formation végétale. Ceci s'explique principalement par l'extension des zones agricoles et d'habitations avec la pression démographique, la recherche de fourrage à travers plusieurs méthodes dont l'élagage et le rabattage. Des stratégies de gestion durable sont donc nécessaires, cartographier et évaluer le taux de régénération des différentes espèces et procéder à la domestication de certaines essences prisées par les paysans qui pourront mieux produire, donner des produits de qualité, afin de contribuer à la diversification de la diète, tout en améliorant la résilience agroécosystémique et les intégrer dans des systèmes de production.

Copyright©2024, GAIWA DAAKREO and DJANGRANG Man-na. 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.

Citation: GAIWA DAAKREO and DJANGRANG Man-na.2024."Diversité, dynamique et stratégies de conservation de la végétation ligneuse du lac Fitri (Tchad)". *International Journal of Current Research*, 16, (11), 30618-30626.

## INTRODUCTION

La biodiversité est le capital biologique naturel de la terre. Elle présente des opportunités importantes pour toutes les sociétés (Watson & Heywood, 1995 ; Diop, 2005 ; Fawa, 2015). La biodiversité végétale est aujourd'hui reconnue comme un bien vital et commun à tous. Certaines communautés autochtones et rurales sont particulièrement dépendantes des biens et services fournis par cette biodiversité pour leur subsistance (Levêque, 1997; GIEC, 2002; SCBD, 2010). Elle intervient dans la séquestration du carbone et dans les cycles biogéochimiques des systèmes de production, la création de microclimat favorable aux cultures, la protection des sols contre les érosions et dans

l'atténuation des effets du changement climatique (Pan *et al.*, 2011 ; Ba *et al.*, 2018 ; Mbaikoubou *et al.*, 2021). Partout en Afrique, les végétaux constituent une source alimentaire tant pour les hommes que pour les animaux (Sarr *et al.*, 2013 ; Ngom *et al.*, 2018). Cependant, leur exploitation non durable conduit à sa dégradation et a des préjudices permanents pour la diversité biologique (SCDB, 2009). La perte de la biodiversité et du couvert forestier résulte pour la plupart de la déforestation et de la dégradation des forêts (Van der Werf *et al.*, 2009). Elles constituent surtout pour les pays de la zone tropicale des problèmes environnementaux et sécuritaires alimentaires majeurs (Henri Puig, 2001). L'appauvrissement de la vie sauvage est étroitement lié aux questions de sécurité

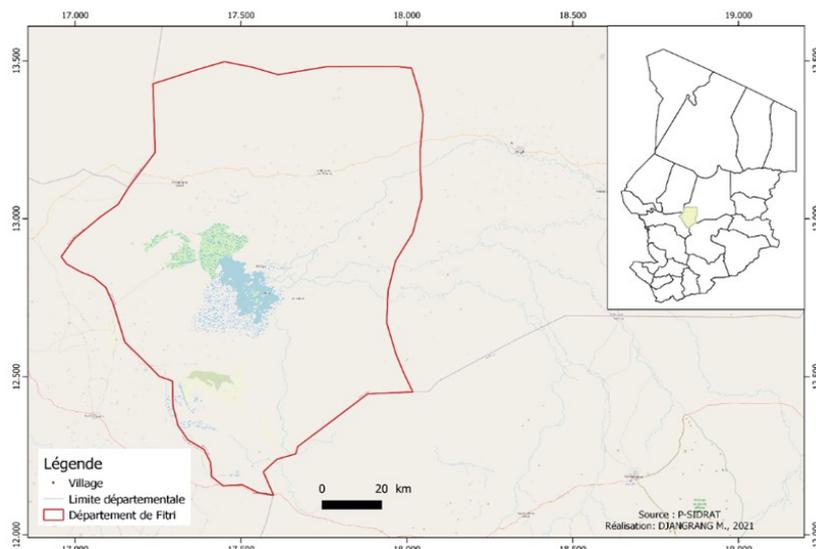
alimentaire et de moyens de subsistance des populations de forêts tropicales qui, pour la plupart disposent de peu de sources alternatives de revenus et de protéines (SCDB, 2010). Les activités de chasse illégale sont souvent combinées avec l'abattage des arbres (Nasi *et al.*, 2008). Mbaikoubou *et al.* (2021) considèrent que l'explosion démographique exerce une demande croissante en bois énergie, fourrages et biens, touchant la strate ligneuse et entraînant ainsi immédiatement la réduction de la densité de la végétation (Minda *et al.*, 2015). Au Tchad, plus précisément dans le lac Fitri, la pratique de l'élevage extensif est souvent synonyme de l'utilisation du pâturage naturel comme source d'aliments pour le bétail (Bechir *et al.*, 2019). Ces écosystèmes sont soumis à une double pression agricole : pratiques locales d'utilisation des terres et pastorale ; couplées aux changements climatiques (Higgings *et al.*, 1999) ; ce qui obligent les chercheurs à une prise de conscience globale de la question de sa protection.

La protection de la biodiversité est donc aujourd'hui une préoccupation planétaire. Il ne fait aucun doute que sa dégradation ou sa diminution pose des problèmes évidents à cause des actions anthropiques. Il est clairement établi que la conservation de la biodiversité est une mesure prioritaire à mettre en œuvre. Les processus permettant son maintien sont bien moins connus. Au Tchad, beaucoup des travaux ont été réalisés sur la biodiversité végétale mais rare sont ceux qui se sont intéressés au lac Fitri (Pias, 1970 ; Bechir *et al.*, 2019) ; mais l'évaluation dudit capital végétal du bassin versant du lac Fitri est peu connue. De manière spécifique la présente étude consiste à faire l'inventaire systématique de la flore de ligneux dans les savanes arborées, savanes arbustives, steppe arbustive et aires de cultures ; évaluer l'impact de l'anthropisation potentiellement responsables de la modification de la flore du bassin versant du lac Fitri et de déterminer les facteurs responsables de cette modification afin d'enrichir la gamme de connaissance scientifique du bassin versant du lac Fitri. Les investigations se sont déroulées dans le Département du Fitri situé au sud-ouest de la province du Batha, au centre du Tchad entre les 12°50 N et 17°30 E (figure n°1). Il fait partie de la grande zone bioclimatique sahélienne, comprise entre les isohyètes 200 mm et 700 mm.

Le réseau hydrographique est constitué par le lac Fitri, deuxième plus grand lac du Tchad après le lac Tchad avec une superficie de 12 070,88 km<sup>2</sup> (Surgis, 1987). Il est alimenté principalement par le Batha et des ouadis de l'Aboutelfan. Le Département du Fitri est plane. Le climat est de type tropical sec caractérisé par deux saisons bien distinctes ; une courte saison des pluies estivales très chaude et une longue saison sèche (Marty *et al.*, 2012). Le Département du Fitri est caractérisé par cinq (5) principaux types de sols : vertisols, sols steppiques sur matériaux sableux, sols halomorphes sur alluvions sablo-limoneuse à argilo-limoneuse, sols hydromorphes à pseudo-gley ou à gley et sols minéraux bruts ou cuirasses (Pias, 1970). Le Département est caractérisé par une végétation aquatique et/ou subaquatique et terrestre. La végétation aquatique présente est typique des zones humides sahéliennes. Les espèces ligneuses y sont peu nombreuses ; les plus caractéristiques sont *Acacia albida*, *Ficus platyphylla*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Calotropis procera*, *Acacia nilotica* et *Mimosa pigra* (FIDA Tchad, 1993, Marty *et al.*, 2012).

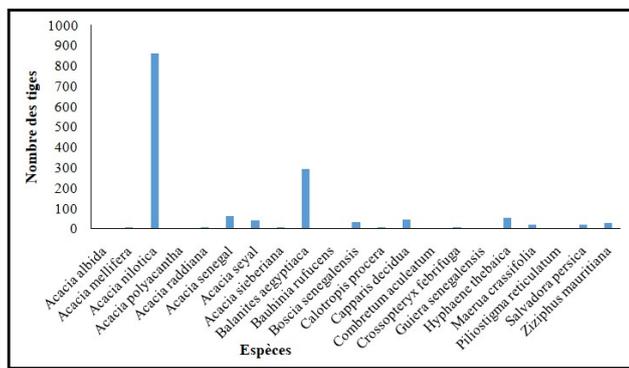
## MATERIELS ET METHODE

Pour réaliser cette étude, les outils employés sont les enquêtes socioéconomiques, les observations directes, les dispositifs d'inventaires, les relevés dendrométriques et la recherche documentaire. Les observations sont faites dans l'ensemble du sous bassin du Fitri. Enquêtes socioéconomiques : La démarche méthodologique adoptée dans la présente étude est basée sur des enquêtes ethnobotaniques et zoo-botaniques complétées par des observations directes sur le terrain. L'analyse de la relation entre les populations riveraines et la zone d'étude a été réalisée par une enquête auprès des différents acteurs. Les populations enquêtées sont celles des villages environnants et la population résidente des sites d'étude. Ces populations sont pour la plupart en contact avec les sites et les plus directement concernées par la zone d'étude.



Sources: Gaiwa D., 2023

Figure 1. Localisation de la zone d'étude



Sources : Gaiwa D., 2023

Figure 2. Richesse spécifique (S) de la zone de Fitri

Les entretiens reposent sur un questionnaire testé au préalable (Martin, 1995) et administrés aux populations locales et riveraines, aux chefs de villages, aux chefs coutumiers et aux personnes ressources. Un questionnaire direct à question ouvertes et semi structurées (Dourma *et al.*, 2010) a été soumis à la population. Les questionnaires comportaient des variables comme l'identification des enquêtés, des questions relatives aux activités pratiquées à l'intérieur et à la périphérie du lac Fitri, à la perception que les populations ont de l'espace forestier et de leur participation à la gestion de cette ressource. L'échantillonnage aléatoire simple a été réalisé (Mapongmetsem *et al.*, 2016 ; Houéhanou *et al.*, 2016).

### Méthode d'inventaire

**Dispositif d'inventaire :** La méthode de quadra a été expérimentée avec succès par plusieurs chercheurs en milieu tropical (Yonkeu, 1993; Sinsin, 1993; Oumorou, 2003; Djego, 2006; Toko, 2008; Tchobsala, 2011; Arouna, 2012). Nous l'avons adopté. L'aire de relevé est une placette carrée de 50 m x 50 m, soit 2500 m<sup>2</sup> pour les surfaces représentées par la savane arbustive, la savane arborée, les champs et la forêt claire à l'intérieur desquelles un inventaire de la végétation a été fait. Le dispositif expérimental est un Split plot à 2 facteurs dont le premier facteur est la zone du lac Fitri, le deuxième facteur est les types de formation végétale, et les quadras 50 m x 50 m installés dans chaque type de formation constituent les répétitions.

Les données collectées ont porté sur les noms locaux et/ou scientifiques de toutes les espèces ligneuses et/ou herbacées et leur identification directe sur le terrain. En cas de difficultés d'identification, des échantillons ont été collectés et des photos de partie clés ont été faites en vue d'une identification. Les spécimens des espèces non identifiées ont été récoltés et comparés à ceux des flores existantes (Adventrop, 1995 ; ligneux du sahel, 2008 ; Arbonnier, 2009 ; Flore illustrée du Tchad, 2019). Des observations sur l'état général de chaque type de formation végétale (occupations ou libre, activités anthropiques, etc.) ont été également notées. Pour chaque relevé, les caractéristiques d'identification du site, les conditions de stations (coordonnées géographiques, topographie, altitude).

**Méthode de relevés dendrométriques :** Plusieurs paramètres dendrométriques ont été mesurés, il s'agit de : la mesure de la circonférence de l'arbre afin de la détermination du diamètre à hauteur de poitrine (DHP  $\geq$  10 cm) à 1,30 m du sol des ligneux ; la hauteur des arbustes et celle des arbres ont été

mesurées ; le point-arbre, arbre-arbre, point-arbuste, arbuste-arbuste également ont été notés. Ces relevés floristiques sont complétés par l'étude de la régénération naturelle, réalisée dans des placettes de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) dans laquelle tous les individus à DBH < 10 cm ont été comptés. Ce qui permet de disposer d'une fiche standard de relevé permettant aussi d'estimer le nombre des saignées par plante, leur rejet après avoir subies des perturbations, celles qui se régénèrent très rapidement, celles qui meurent immédiatement après perturbations ainsi que la vitesse de leur croissance dans nos zones. Les facteurs anthropiques ne sont pas perdus de vue (Ouédraogo *et al.*, 2003).

**Données sur les activités humaines :** Les enquêtes ont été complétées par des observations directes sur le terrain (Twamasi, 2001 ; Kumekpor, 2002) avec l'aide des guides locaux. Cette prospection de la zone d'étude nous a permis d'identifier les principales activités illicites menées dans le sous bassin du Fitri. Tout au long des quadras, les catégories des indices humains définis par Beyers *et al.* (2001) ont été répertoriées. Des observations sur l'état des ligneux (niveau de coupes, méthode de coupe, cause de coupe, feux, écorçages, trou au niveau du collet) ont complétées l'étude pour apprécier l'impact des activités anthropiques et la régénération naturelle (Crow *et al.*, 1994). Les signes humains tels que coupe à la machette, branche cassée, écorchement d'arbre, extraction de latex, évidence de collection des fruits, ne sont pas perdus de vue. Aussi, la participation des populations à des stratégies d'exploitation et de gestion individuelles et collectives de la biodiversité dans la zone d'étude dans le temps et dans l'espace a été également appréciée.

**Techniques d'analyse des données :** Les données sur les variables quantitatives ont fait l'objet de traitement statistique (statistiques descriptives). Par ailleurs, les paramètres suivants sont calculés :

- **Diamètre moyen (Dm) des arbres :** C'est la moyenne des diamètres des différents individus ; c'est-à-dire la somme des diamètres des arbres sur l'effectif des arbres. Il est calculé par la formule :  $Dm = \sum d/n$ , avec Dm = diamètre moyen, d = diamètre d'un arbre et n = effectif des arbres mesurés
- **Hauteur moyenne (Hm) des arbres :** Elle est la moyenne des hauteurs des arbres, c'est-à-dire la somme des hauteurs des arbres sur l'effectif des arbres. Sa formule est :  $Hm = \sum h/n$ , avec Hm = hauteur moyen, h = hauteur d'un arbre et n = effectif des arbres mesurés.
- **Densité :** C'est le nombre d'individus par surface de relevé. Cette densité est ensuite rapportée à l'hectare. Elle s'exprime donc en nombre de pieds d'arbres par hectare.  $De = N/S$ , avec N, l'effectif total des individus dans l'échantillon et S, la surface échantillonnée. Ce calcul est également appliqué aux petites tiges pour l'étude de la régénération naturelle. La densité relative (De) exprime le rapport entre le nombre d'individus de chaque espèce et le nombre total des individus. Elle est calculée d'après la formule suivante :

$$De = 100 \times \frac{\text{Nombre d'individus par espèce}}{\text{Nombre total d'individu}}$$

- **Surface terrière :** Elle est donnée par la formule :  $St = \sum C^2/4\pi$ , avec St = surface terrière exprimée en m<sup>2</sup>. ha<sup>-1</sup> ; C = circonférence à 30 cm du sol des individus mesurée en centimètre.

- **Taux de régénération du peuplement (TRP) :** il est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants (Diamètre <10 cm) et l'effectif total du peuplement (Poupon, 1980).

$$\text{TRP} = \frac{\text{effectif des jeunes plants}}{\text{effectif total du peuplement}} \times 100$$

**Selon l'échelle de Rothe (1964), ce taux permet de juger la capacité de régénération d'une espèce :**

- Taux inférieur à 100% : difficultés de régénérations ;
- Taux compris entre 100% et 1000% : bonne régénération ;
- Taux supérieur à 1000% : très bonne régénération.

L'indice de Shannon-Wiener (ISH) a permis de quantifier l'hétérogénéité de la diversité spécifique de chaque unité de formation végétale. Cet indice mesure également l'entropie du système sur la base des proportions observées. Il se calcule par la relation mathématique suivante :  $\text{ISH} = - \sum (\text{Ni}/\text{N}) * \log_2(\text{Ni}/\text{N})$ , avec Ni=nombre d'individus d'une espèce i donnée, i allant de 1 à S (nombre total des espèces) et N= nombre total d'individus de toutes les espèces du biotope considéré. La valeur élevée est un indicateur des conditions favorables du milieu à l'installation de nombreuses espèces ; c'est le signe d'une grande stabilité du milieu (Dajoz, 2009). Cependant, les valeurs faibles traduisent les conditions défavorables du milieu pour l'installation des espèces. L'ISH varie souvent de 0 à 5 et s'exprime en bits. La diversité est faible lorsque ISH est inférieur à 3 bits ; moyenne si ISH est compris entre 3 et 4 bits ; élevé quand ISH est supérieur ou égal à 4 bits (Inoussa *et al.*, 2011). De l'indice de diversité de Shannon-Weaver, a été déduit, l'indice de l'équitabilité (EQ). Ce dernier renseigne sur la répartition des effectifs entre les différentes espèces dans l'occupation de l'espace. Il a été calculé à partir de l'expression mathématique suivante :

$$\text{EQ} = \text{ISH} / \log_2(\text{N})$$

L'équitabilité varie de 0 à 1 (0 < E < 1). Elle tend vers 0 si la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est presque représentée par le même nombre d'individus ou le même recouvrement. L'équitabilité de Pielou élevée est le signe d'un peuplement équilibré (Dajoz, 2009).

- Si E est comprise [0 ; 0,5[, diversité faible ;
- Si E est comprise [0,5 ; 0,7[, diversité moyenne ;
- Si E > 0,7, diversité forte.

La probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement dans un milieu donné soient de la même espèce a été estimée grâce l'indice de Simpson :  $\text{DS} = 1/\sum (\text{Ni}/\text{N})^2$ , avec DS= Indice de Simpson ; Ni= Nombre d'individus de l'espèce donnée ; N= Nombre total d'individus. L'indice variera entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées. Le coefficient de similitude de Jaccard (Le Floch, 2007) a permis de comparer les différents sites. Il a été calculé selon la formule :  $\text{PJ} = \frac{c}{a+b-c} \times 100$ , avec a = nombre d'espèces de la liste a (Milieu 1) ; b = nombre d'espèces de la liste b (Milieu 2), c = nombre d'espèces communes aux deux milieux. La similarité entre habitats s'exprime par la valeur élevée de cet indice.

Pour comparer les relevés floristiques, nous avons utilisé l'indice de Jaccard (H = 100 – PJ). Les seuils retenus sont repartis comme suit :

- H < 20 correspond à une différence floristique très faible ;
- 20 < H < 40 correspond à une différence floristique faible ;
- 40 < H < 60 correspond à une différence floristique moyenne ;
- 60 < H < 80 correspond à une différence floristique forte ;
- 80 < H correspond à une différence floristique très forte.

La rareté reste actuellement l'un des principaux indicateurs utilisés au niveau international pour évaluer les risques d'extinction des espèces (Harley & Kunin, 2003), même si la rareté d'une espèce ne signifie pas que l'espèce soit réellement menacée (Rambaud *et al.*, 2012). Il a été calculé suivant l'équation de Géhu & Géhu (1980) :  $\text{IR} = (1 - \text{ni}/\text{N}) \times 100$ , avec ni= nombre de relevés dans lesquels l'espèce i est présente et N = nombre total des relevés. Les seuils d'interprétation IR utilisés sont ceux de Traoré *et al.* (2011) sur les formations végétales soudaniennes. Ainsi on a :

- IR < 60%, pour les espèces très fréquentes dans les formations végétales ;
- 60 = IR < 80% pour les espèces moyennement fréquentes ;
- IR = 80% pour les espèces dites rares.

Les structures verticale et horizontale sont les éléments essentiels qui permettent de caractériser la végétation d'un secteur donné (Arouna, 2012). Les paramètres de structure forestière ont été obtenus par agrégation de mesures dendrométriques individuelles. Les données sur les actions anthropiques ont été collectées à l'issue des enquêtes socioéconomique grâce à la technique d'enquête par sondage. Les ménages et les personnes ont été choisis sur la base des critères de proximité avec la zone d'étude, utilisation des ressources dans les types de formations végétale, quantaux critères de choix des chefs coutumiers et autorités religieuses il faut être un dignitaire ou membre du couvent du fétiche protecteur de la forêt et être âgé de soixante ans au moins.

**Analyse statistique :** Le traitement des données est fait grâce aux logiciels Excel pour la réalisation de tableaux et graphes, STATGRAPHIC 5.0 pour l'analyse de variances, XLSTAT pour l'analyse en Composantes principales. Le test de Duncan nous a permis de séparer les moyennes significatives. Le logiciel QGIS a permis la représentation cartographique. Le traitement des images satellitaires (RSTM et LANDSAT) a été faite grâce au logiciel Global Mapper, ENVI et QGIS qui reposent sur le système d'information géographique (SIG) couplé à la télédétection.

## RESULTATS

### Composition et diversité floristiques

**Richesse floristique :** Les inventaires floristiques de la zone du lac Fitri sont loin d'être exhaustive.

A l'échelle de la zone d'étude, la flore ligneuse inventoriée dans la zone d'étude est riche 21 espèces, réparties en 14 genres et 10 familles. Cette richesse spécifique varie suivant les types de formations végétales définies. Ainsi, elle varie de 6 à 14 espèces réparties dans 3 à 10 genres et 3 à 8 familles. La richesse floristique a été relativement importante dans les

savanes arbustives et champs que dans les autres unités de formation végétale. Au niveau de la représentativité des familles, Capparaceae (3 espèces), Caesalpiniaceae et Combretaceae (2 espèces) représentent les familles les plus dominantes dans l'ensemble de la zone d'étude. Les autres familles sont représentées par une seule espèce. Prenant en compte le nombre d'espèces, de prime à bord la savane arbustive présente la plus grande diversité floristique avec 14 espèces appartenant à 10 genres et 08 familles, suivie de champs avec 12 espèces appartenant à 08 genres et 07 familles, puis la savane arborée qui présente 09 espèces, 05 genre et 05 familles et enfin la forêt claire qui présente 6 espèces, 03 genres et 03 familles. Quatre espèces dont *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca* ont été trouvées dans les différents types de formation végétale excepté *Guiera senegalensis*, *Hyphaene thebaica*, *Piliostigma reticulatum* qui se trouve seulement dans les champs, *Combretum aculeatum* dans la savane arbustive et *Crossopteryx febrifuga* dans la savane arborée.

**Fréquence des espèces en fonction des sites :** Par type de formation végétale, les espèces ont présentées des proportions différentes, ainsi dans les champs. *Hyphaene thebaica* arrive en tête de lice (31,66%), suivi de *Capparis decidua* (24,44%), *Ziziphus mauritiana* (13,88%), *Acacia nilotica* (11,11%), *Balanites aegyptiaca* (6,11%), *Acacia senegal* et *Acacia seyal* (3,33%), *Bauhinia ruficens* (2,22%), *Acacia albida*, *Acacia polyacantha* et *Guiera senegalensis* (1,11%) et dans des proportions presque nulles le *Piliostigma reticulatum* (0,55%). Dans la savane arbustive, on observe majoritairement *Balanites aegyptiaca* (58,84%), *Acacia nilotica* (20%), *Acacia senegal* (6,53%), *Acacia seyal* (3,84%), *Acacia raddiana* et *Crossopteryx febrifuga* (3,46%), dans des proportion presque égale, *Acacia sieberiana* (2,69%), *Salvadora persica* (0,76%) et *Maerua crassifolia* (0,38). La savane arbustive est composée de : *Acacia nilotica* (64,34%), *Boscia senegalensis* (6,97%), *Maerua crassifolia* (5,63%), *Salvadora persica* (4,82%), *Acacia senegal* (3,75%), *Acacia seyal* (3,48%), *Calotropis procera* (2,94%), *Acacia mellifera* (2,41%), *Ziziphus mauritiana* (1,87%), *Balanites aegyptiaca* et *Capparis decidua* (1,07%), *Acacia sieberiana*, *Bauhinia ruficens* et *Combretum aculeatum* (0,53%). Dans la forêt claire, *Acacia nilotica* (76,21%) dominant. On y trouve également des espèces comme *Balanites aegyptiaca* (17,28 %), *Acacia senegal* (3,45%), *Acacia seyal* (1,65%), *Capparis decidua* (1,10%) et *Acacia raddiana* (0,27%). Les espèces *Acacia nilotica* et *Balanites aegyptiaca* apparaissent les plus abondantes dans la zone d'étude (Fig.2). Ces deux espèces appartenant respectivement à la famille des Mimosaceae et des Balanitaceae ont permis de définir le peuplement de la zone d'étude comme une végétation des Mimosaceae et des Balanitaceae. Dans la zone d'étude, d'une manière générale, l'espèce dominante est *Acacia nilotica* car elle représente 56,18% de la population inventoriée suivie de *Balanites aegyptiaca* (19,07%) et *Acacia senegal* (4,03%). L'espèce *Piliostigma reticulatum* était la moins représentée dans la zone d'étude avec 0,06%.

**Diversité spécifique :** Les indices de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Pielou calculés indiquent une faible diversité des espèces dans les peuplements ligneux des différents types de formation végétale de la zone d'étude (Tableau 1). Ces indices prouvent que même si la diversité floristique n'est pas assez forte, les espèces présentes sont distribuées de manière homogène et ont une répartition très

irrégulière des effectifs entre ces espèces ou une répartition relative irrégulière des individus au sein des différents types de formation végétale. L'indice d'équitabilité de Pielou (E) suit la même tendance que celui de Shannon. Ces valeurs traduisent une faible diversité.

**Caractéristiques structurales des ligneux :** L'inventaire de la flore a permis de recenser au total 1536 individus soit 128 individus à l'hectare. Ces individus sont repartis de la manière suivante dans les différents types de formation végétale : 180 dans les champs et cultures, soit une densité de 60 individus par hectare, 260 dans la savane arborée soit une densité de 86,66 individus par hectare, 373 dans la savane arbustive avec une densité de 124,33 individus/ha et 723 dans la forêt claire avec une densité de 241 individus à l'hectare (Fig.3). Par type de formation, la hauteur moyenne des individus a varié de 2,64 ±1,40m pour un diamètre de 22,11 ±13,55cm à 6,61 ±2,38 m pour un diamètre de 51,37 ±30,33cm. La surface terrière a varié de 19,65m<sup>2</sup>/ha à 201,94 m<sup>2</sup>/ha dans les différents types de formation végétale (Tableau 2). D'une manière générale dans la zone d'étude, elle a été de 91,89 m<sup>2</sup>/ha.

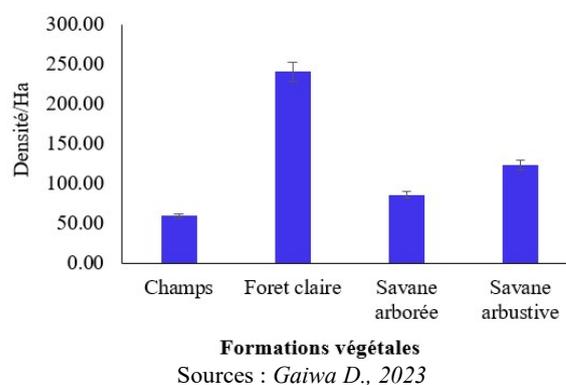


Figure 3 : Densité absolue en fonction de type de formation végétale

**Taux de régénération :** Le taux de régénération varie d'un type de formation végétale à autre. Ce taux a été de 100% dans la savane arbustive ce qui explique une bonne régénération (Fig. 4). Cependant dans les autres types de formation ce taux a été inférieur et montre de difficultés de régénérations. D'une manière générale dans la zone d'étude du lac Fitri, ce taux indique des difficultés de régénération.

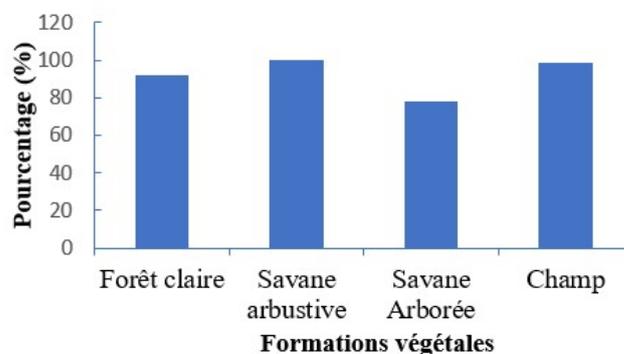


Figure 4. Taux de régénération par type de formation

**Structure de la végétation :** La figure 5 présente les ligneux en classe de hauteurs en fonction des types de formation végétale inventoriée.

La structure verticale de toutes les formations végétales présente une répartition en classes de hauteur en forme de U renversé plus prononcé vers la gauche. La proportion des individus reste plus importante pour les classes 3-4,5 m et 4,5-6m pour tous les quatre types de formation végétale.

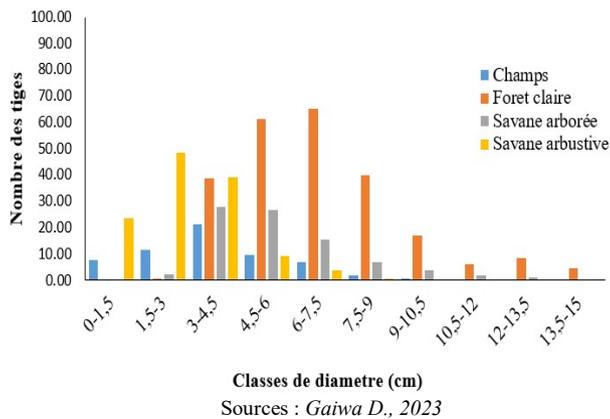


Figure 5. Structure de la végétation en fonction des différents types de formations végétales

**Actions Anthropiques:** Les enquêtes ont montré que les populations de la communauté rurale dans la zone du lac Fitri font plusieurs usages de la biodiversité dans la zone d'étude pour satisfaire leurs besoins. Elles les utilisent pour diverses fins : l'alimentation, la pharmacopée traditionnelle, l'énergie domestique, bois de service et l'artisanat. Les coupes de bois, l'écorçage des arbres, les traces des bœufs à travers leurs bouses et les herbes broutées, les pistes, les arbres brûlés par les feux de brousse et des cultures sont les indices majeurs d'anthropisation. Il ressort de cette étude que le recouvrement de la forêt claire est plus élevé (75,83%) couplé à un très faible niveau de coupe (51,25%) que les autres types de formation végétale (Fig.6). Le faible recouvrement a été observé au niveau des champs (19,58%) avec un niveau de coupe très élevé (65,41%) que les autres. D'une manière générale, dans la zone d'étude on note un recouvrement moyen (49,37%) et un niveau de coupe élevé (58,12%). Ce recouvrement est beaucoup plus menacé par les feux de brousse qui sont monnaie courante dans les champs (66% des cas) que les autres types de formation végétale (50%).

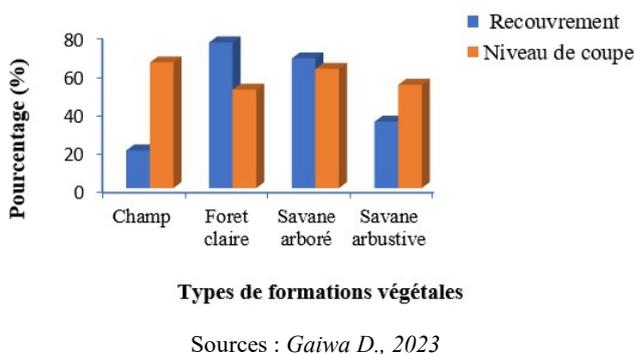


Figure 6. Recouvrement et niveau de coupe en fonction des différents types de formations végétales

**La méthode de coupe :** La méthode de coupe la plus utilisée est l'élagage (52,5%) suivi du rabattage (30%) dans la zone d'étude. La méthode de rabattage couplée à l'élagage (17,5%) est faiblement utilisée dans la zone du lac Fitri. Une très forte activité d'élagage a été notée dans la forêt claire (80%) et la

savane arborée (80%) que les autres (Fig.7). La méthode de rabattage est beaucoup plus utilisée dans la savane arbustive (60%) suivie de la forêt claire (40%). La méthode de rabattage couplée à l'élagage a été signalée que dans la savane arborée et arbustive. Cependant, une très forte activité de coupe au niveau du ras le sol a été observé à 80% que dans les champs (Fig.7). Les causes de l'ensemble de ses activités anthropiques ont été les activités champêtres, le fourrage et l'habitat.

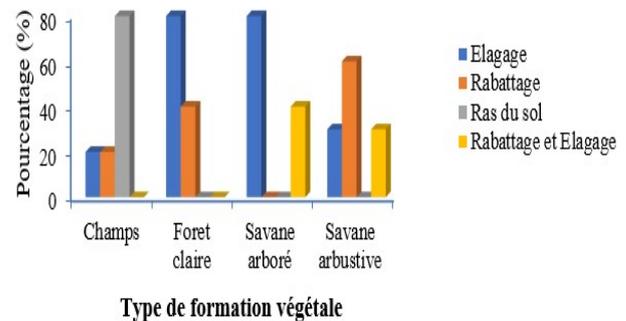


Figure 7. Méthode de coupe en fonction des différents types de formations végétales

## DISCUSSION

Les inventaires floristiques de la zone du lac Fitri sont loin d'être exhaustive. A l'échelle de la zone d'étude, la caractérisation du peuplement ligneux a révélé 1536 individus repartis en 21 espèces, 14 genres et 10 familles ; ce qui démontre à suffisance le caractère de l'extrême pauvreté de la flore, en lien avec la superficie de la zone d'étude. Des résultats similaires ont été obtenus par Mbaikoubou *et al.* (2021), Minda (2015) dans la zone sahélienne du Tchad (Lac, Barh El gazal et Kanem) et Niang (2009, 2014) dans la zone sahélienne du Sénégal. Cependant, ces résultats diffèrent de ceux obtenus par Madjimbé *et al.* (2019) qui ont recensé 87 espèces réparties en 56 genres et 22 familles dans le parc de Manda, en zone soudanienne du Tchad. Ils ne sont pas aussi en accord avec ceux obtenus par les travaux de Dissou *et al.* (2018), dans une zone de transition soudano-guinéenne du Bénin. Ces auteurs ont obtenu 82 espèces réparties en 68 genres et 28 familles. De même Boubacar (2010) en zone soudanienne et sahélo-saharienne du Niger et Goy (2012) en zone sahélo-soudanienne du Tchad, où ils ont obtenu respectivement 24 espèces et 44 espèces. La diversité et la richesse floristique sont inférieures à celles des formations végétales des zones sahéliennes du Burkina Faso (54 espèces, 19 familles) décrites par Sawadogo *et al.* (2016) et Mahamat *et al.* (2021) en zone sahélienne du Tchad. Cette différence s'expliquerait par le fait que ce sont toutes des entités situées dans des domaines phytogéographiques différents et ne bénéficiant probablement pas des mêmes conditions écologiques. Ces différences s'expliqueraient aussi par la forte anthropisation de la zone du lac Fitri ; et par conséquent, la disparition de plusieurs espèces. En effet, les défrichements combinés à l'exploitation presque abusive des espèces conduisent à la réduction de la richesse spécifique dans la zone d'étude. Selon Zerbo *et al.* (2016), la composition et la structure des peuplements forestiers sont tributaires de l'intensité de la pression anthropique. Il ressort de cette étude que l'espèce *Acacia nilotica* est majoritairement représentée dans la zone du lac Fitri suivie de *Balanites aegyptiaca* et d'*Acacia senegal*.

Tableau 1. Diversité floristique des différentes zones

Paramètres de diversité	Champs	Savane arbustive	Savane arborée	Forêt claire
Richesse spécifique (S)	12	14	09	06
Indice de Shannon (H')	1,8878078	1,467586096	1,32656678	0,7609781
Équitabilité de Pielou (E)	0,75970975	0,556102393	0,60374656	0,42470997

Sources: Gaiwa D., 2023

Tableau 2. Surface terrière et caractéristique structurale par type de formation végétale

	Forêt claire	Savane arbustive	Savane arborée	Champ	Moy.
Ste (m <sup>2</sup> /ha)	201,94	19,65	105,70	40,27	91,89
Hauteur (m)	6,61 ±2,38	2,64 ±1,40	5,48 ±2,14	3,91 ±2,14	4,66 ±2,01
Diamètre (cm)	51,37 ±30,33	22,11 ±13,55	58,26 ±42,31	41,92 ±39,25	43,41 ±31,36

Sources: Gaiwa D., 2023

Les résultats similaires ont été rapportés par Mbaikoubou *et al.* (2021) et qui montre que cette présence massive de ces espèces s'explique par une prolifération dans les végétations pâturées dans le contexte de fortes pressions pastorales. Béchir et Mopaté (2015) dans le Batha Ouest au Tchad et Chanceyambaye *et al.* (2017) en arrivent à la même conclusion. En effet, la richesse floristique reste un indicateur indiquant la répartition et par comparaison dans le temps, sur l'évolution des espèces dans une zone bien donnée. La faible richesse spécifique obtenue dans notre zone d'étude pourrait être liée en partie aux activités anthropiques. En effet, cette zone du lac Fitri est régulièrement perturbée (feux de brousse) et soumise à de fortes contraintes anthropiques (emprise agricole et surpâturage). Selon Reounoudji (2003) et Madjigoto *et al.* (2015), la pression humaine quasi permanente à travers l'agriculture et l'élevage dans les espaces naturels des zones sahélo-soudaniennes du Tchad sont les facteurs majeurs de diminution des ressources ligneuses. Cette faible diversité et richesse floristique corrobore ce qu'ont affirmé Ouedraogo *et al.* (2006). Ils indiquent dans leurs travaux que les zones soudaniennes sont plus riches que les zones sahéliennes ayant que des espèces spécifiques.

A la lumière des différents résultats obtenus par ces différents auteurs, il apparaît clairement que la diversité floristique est très faible dans la zone d'étude. Cependant, cette composition floristique est une donnée importante dans la mesure où elle fournit les espèces principales sur lesquelles se fondent souvent des décisions d'aménagement (Bellefontaine, 1997). Les espèces communes aux quatre types de formation végétale sont : *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal* et *Balanites aegyptiaca*. Les espèces les plus abondantes de la zone d'étude sont *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Capparis decidua*, *Hyphaene thebaica* et *Balanites aegyptiaca*. Mbaikoubou *et al.* (2021) explique que cela traduirait une certaine stabilité et donc une résistance de ces espèces aux aléas climatiques (Bakhoum, 2013). L'espèce *Acacia nilotica* est présente dans toute la zone d'étude avec un nombre très important d'individus. *Acacia nilotica* est une espèce sahélo-soudanienne qui développe sur sols lourds et mal drainés, des zones inondées temporairement et sur des sols sableux-limoneux drainés (Arbonier, 2000). Le genre *Acacia* contribue de manière significative à la diminution du phénomène de désertification dans les zones arides et sahariennes selon les études de Mahamat *et al.* (2021). Elle constitue avec *Balanites aegyptiaca* les espèces les plus abondantes dans les sites de cette étude.

Des résultats similaires ont été rapportés par Mbaikoubou *et al.* (2021) dans la zone de Wadi Fira au Tchad. La surface terrière a été relativement importante de 201,94 m<sup>2</sup>/ha dans la forêt claire.

La forte densité de certaines espèces (*Acacia nilotica* et *Balanites aegyptiaca*) et la présence des arbres à gros troncs démontre l'importance de cette surface terrière (Mbaikoubou *et al.*, 2021). La faible surface terrière observée dans la savane arbustive s'expliquerait par le simple fait que cette zone est mise en profit pour les pâturages des troupeaux et des prélèvements de bois à usage divers cite Mbaikoubou *et al.* (2021) (Ndiaye *et al.*, 2014 ; Niang *et al.*, 2014).

Dans notre zone d'étude, les techniques culturales, notamment les défrichements agricoles et pour l'habitat ainsi que pour le fourrage, dégradent le couvert végétal. Ces espaces agricoles sont pratiquement dépourvus de ligneux hormis les forêts claires. Ces résultats corroborent avec ceux de Mapongmetsem *et al.* (2006) qui dans leur étude sur l'utilisation des PFNL dans les savanes soudano-guinéennes ont montré qu'il existe une multitude d'espèces présentant une importance au niveau local et international dans plusieurs domaines dont celui des fourrages. Nos résultats corroborent ceux de Sarfaras *et al.* (2011) qui ont travaillé sur l'exploitation des plantes dans le domaine médicinal et pour les fourrages par les villageois qui prend de plus en plus d'ampleur dans les pays en développement. Avec la démographie croissante, où les anciens systèmes d'exploitation et de gestion des ressources naturelles sont devenus obsolètes face à la demande sans cesse croissante de nourritures (FAO, 2003) où l'homme, pour cueillir, utilise la machette pour couper intégralement les branches de la plante. Ceux-ci ont provoqué la destruction accélérée du couvert végétal pour l'installation des habitats (Zoumana, 1993). Il est à noter que l'impact du feu est encore fréquent dans la zone d'étude du lac Fitri. Ces incendies apparaissent comme le facteur le plus craint par les populations. Les prélèvements clandestins, l'agriculture et l'urbanisation viennent s'ajouter aux feux en tant que menaces pesant sur les sites de la zone d'étude. Plusieurs auteurs ont signalé les problèmes assez similaires dans d'autres pays, tels qu'au Togo (Kokou *et al.*, 2005 ; Kokou et Sokpon, 2006), en Côte-d'Ivoire (Malan Djah, 2009), au Burkina (Savadogo *et al.*, 2011), au Bénin (Hunyet, 2013 ; Ali *et al.*, 2014) et au Cameroun (Hounto *et al.*, 2016).

## CONCLUSION

La présente étude a permis de faire un bilan du niveau de diversité de la flore et de la végétation dans la zone du lac Fitri. Au total 21 espèces végétales ont été recensées. Une très forte activité anthropique a été signalée dans la zone ce qui constitue une menace pesant sur le couvert végétal. Parmi ces espèces, deux ont un statut écologique très particulier dont *Acacia nilotica* et *Balanites aegyptiaca* qui sont des espèces de la flore de la zone sahélienne.

La connaissance de la diversité de la flore et la présence de ces espèces constituent des indicateurs clés pour le suivi environnemental de la zone d'étude et semble apporter une alternative à la conservation de certaines essences prisées par les populations locales. Il conviendra cependant d'analyser la régénération des différentes espèces et la domestication de certaines essences prisées par les paysans qui pourront mieux produire, donner les produits de qualité, mieux vendus et contribuer à la diversification de la diète, tout en améliorant la résilience agroécosystémique.

## REFERENCES

- Ali Brahim Béchir, Koussou Mian-Oudanang, Alhassine Mahamat & Tchoudiba Bourdjolbo, 2019. La végétation pastorale du lac Fitri : État des lieux et dynamique In : Le Tchad des lacs : Les zones humides sahéniennes au défi du changement global [en ligne]. Marseille : IRD Éditions, 2019 (généré le 29 janvier 2022). Disponible sur Internet : ISBN: 9782709927161. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30688>.
- Arbonnier M. 2000. Arbres, Arbustes et Lianes des Zones Sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, Paris.
- Ba M, Bourgoïn J, Thiaw I, Soti V. 2018. Impact des modes de gestion des parcs arborés sur la dynamique des paysages agricoles, un cas d'étude au Sénégal. *La Revue Electronique en Sciences de l'Environnement VertigO*, 18(2). <https://id.erudit.org/iderudit/1059927ar>
- Bakhom A. 2013. Dynamique des ressources fourragères : indicateur de résilience des parcours communautaires de Tèssékéré au Ferlo (Nord-Sénégal). Thèse de Doctorat unique, FST-UCAD, 115p.
- Béchir AB, Mopate LY. 2015. Analyse de la dynamique des pâturages autour des ouvrages hydrauliques des zones pastorales du Batha Ouest au Tchad. *Afrique Science*, 11(1) : 212-226. <http://www.afriquescience.info>.
- Béchir AB, Koussou M., Alhassine M. & Tchoudiba B., 2019. La végétation pastorale du lac Fitri : État des lieux et dynamique In : Le Tchad des lacs : Les zones humides sahéniennes au défi du changement global [en ligne]. Marseille : IRD Éditions, 2019 (généré le 29 janvier 2022). Disponible sur Internet : ISBN : 9782709927161. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30688>.
- Bellefontaine R., 1997. Synthèse des espèces du domaine sahéni et soudanien qui se multiplient par voie végétative. In *Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Forestiers Contractés Sahéliens*, d'Herbès JM, Amboula JMK, Peltier R (eds). John-LibbeyEurotext : Paris ; 95-104.
- Bellefontaine R., 1997. Synthèse des espèces du domaine sahéni et soudanien qui se multiplient par voie végétative. In *Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Forestiers Contractés Sahéliens*, d'Herbès JM, Amboula JMK, Peltier R (eds). John-LibbeyEurotext : Paris ; 95-104.
- Boubacar H. 2010. Caractérisation biophysique des ressources ligneuses dans les zones dégradées et reverdiées au Sahel : cas du département de Mayahi. Option « Protection et Restauration des Ecosystèmes Soudaniens et SahéloSahariens ». Mémoire de DEA, Université Abdou Moumouni Niamey, Niger, 69 p.
- Chanceyambaye N, Fidèle TN, Ibrahima A. 2017. Caractérisation des ligneux de la savane sahénienne à *Acacia senegal* (L) Willd dans la région du Guéra, Tchad. *International Journal of Applied Research*, 3(4) : 600-606.
- Dajoz R., 2009. Précis d'écologie, 8ème édition. Dunod Paris, France, 630 p.
- Diop M., 2005. Impact des pratiques de gestion des sols et du niveau de prospérité des paysans sur la biodiversité agroforestière dans sept terroirs villageois de la région de Ségou au Mali. Mémoire de Maîtrise. Université Laval, Québec, 106p.
- Dissou F.E., Adjakpa J.B., Tchabi I.V., Toundoh P.O., Obossou F.K., 2018. Caractéristiques écologiques de la galerie forestière de la rivière Kossi dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Centre-Bénin. *European Scientific Journal*, 14(21) :1857-7881.
- Dissou F.E., Adjakpa J.B., Tchabi I.V., Toundoh P.O., Obossou F.K., 2018. Caractéristiques écologiques de la galerie forestière de la rivière Kossi dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Centre-Bénin. *European Scientific Journal*, 14(21) :1857-7881.
- FAO., 2003. Produits forestiers non ligneux. Division des produits forestiers. FAO, Rome, Italie.76p
- Fawa G., 2015. Phénologie et mode de propagation de trois espèces agraforestières locales des hautes savanes guinéennes (Adamaoua, Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph. D. Université de Ngaoundéré, Cameroun. 171 p.
- GIEC., 2002. Les changements climatiques et la biodiversité. Document technique n°5. 89p.
- Goy S. 2012. Etude phytosociologique et diagnostic faunique du parc national de manda (TCHAD), éléments pour un aménagement. Spécialité : écologie, agroforesterie et adaptations. Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 162 p.
- Henri Guig, 2001. Diversité spécifique et déforestation : l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique.
- Higgingsi. s., shaCKleton M. C., RoBinson R. e., 1999. Changes in woody community structure and composition under constrastinglan use systems in semi-arid savanna. *South Africa, Journal of biogeography*, 26 : 219-627.
- Inoussa M.M., Mahamane A., Lykke A.M., Issaka A. & Saadou M., 2011. Cartographie et description des types de végétation du Parc national du W du Niger. *Sécheresse*, 22 : 207-211.
- Kokou & Sokpon, 2006. Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois & forêts des tropiques*, 288 : 15-23.
- Kokutseet al., 2006. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* Lf) heartwood and relationship with colour. *Trees*, 20(2) : 219-223.
- Levêque C., 1997. La biodiversité. Que sais-je ? Presses universitaires de France. Paris, France.126p.
- Surgis, M.J. and SYMOENS, J. J. 1987. Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique. Collection travaux et documents n° 211. Éditions de l'ORSTOM
- Madjigoto R., Ouya B., Libar J., Djim-Assal D., Kemsol A. & Dénéndji A., 2015. Dégradation des massifs forestiers du Logone oriental : enjeux et perspectives : quelles stratégies pour une conservation durable, n°005 ISSN1859-5103 de juillet 2015 de la Territoires, Sociétés et Environnement des Presses Universitaires de Zinder.
- Madjimbé G., Saradoum G., Goalbaye T., Waya E. & Pounakoumna J., 2019. Dynamique des peuplements ligneux dans le Parc National de Manda, au sud du Tchad. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 42 (1): 7139-7152.

- Mahamat AG, Diallo MD, Diallo A. Minda MS, Guisse A. 2021. Distribution des ligneux sur le tracé de la grande muraille verte : cas de Batha et de Wadi-fira Ouest au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15(1): 144-155. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.1>
- Mapongmetsem P.M., 2006. Domestication of *Vitex madiensis* in the Adamaoua highlands of Cameroon: phenology and propagation. *Akdeniz Universitesi Ziraatfakultesi Dergisi*. 269-278.
- Marty A., Zakine D., Djimingar DK., Bernard C., 2102. Analyse de l'évolution des ressources dans le Département du Fitri. 127 p.
- Mekila Mbaikoubou, AbakarGuihini, Aly Diallo, Ndiabou Faye, Minda Mahamat Saleh, Tahir Doudja Moussa *Et al* Guisse1, 2021. Caractéristiques des peuplements ligneux du tracé de la grande muraille verte des provinces de Wadi-Fira Est et de l'Ennedi Est du Tchad. *Intentional Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(5) : 1885-1901
- Minda M. 2015. Caractérisation des sols et de la végétation ligneuse sur le tracé de la grande muraille verte du Tchad. Thèse de Doctorat, Département de Biologie Végétale, UCAD-FST, 148 p.
- Minda MS, Diallo A, Ndiaye O, Madiara NF, Guissé A. 2013. Caractérisation des peuplements ligneux de la zone CayorBaol (Thiès Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(5): 2117-2132. DOI: 10.4314/ijbcs.v7i5.28
- Nasi R., Christophersen T. & Belair C., 2008. Ending empty forests: Management and sustainable use of wildlife in tropical production forests. *ITTO. Tropical Forest Update* 20: 19-21.
- Ndiaye O, Diallo A, Stephen AW, Guissé A. 2014. Structural Diversity of Woody Species in the Senegalese Semi-Arid Zone—Ferlo. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 416-426. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.5305>
- Ngom D, Boubacar C, Sagna B, Gomis ZD. 2018. Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeisguineensis Jacq.* en basse Casamance, Sénégal. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 36(3): 5919-5932.
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. & Akpo L.E., 2013. Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65 : 5008-5023.
- Niang K, Ndiaye O, Diallo A, Guisse A. 2014. Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, nord Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 79 : 6938–6946. DOI : 10.4314/jab.v79i1.15
- Niang K. 2009. L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-Nord (Sénégal). Mémoire DEA, FST, UCAD, Sénégal, 69 p.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. & Guinko S., 2006. Régénération sexuée de *Boswelliadalzielii* Hutch., un arbre médicinal de grande valeur au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 289 (3) : 41-52.
- Pan Y. *et al.*, 2011. A large and persistent carbonsink in the world's forests. *Science*, 333, 988-993.
- Pias J., 1970. La végétation du Tchad : ses rapports avec les sols, Variations paléobotaniques au Quaternaire, 47 p.
- Rapport FIDA, 1993. Projet de développement rural dans la région du Batha. Rapport de pré-évaluation. Document de travail V. FIDA, 34P
- Reounodji F., 2003. Espaces, sociétés rurales et pratiques de gestion des ressources naturelles dans le sud-ouest du Tchad (vers une intégration agriculture-élevage). Thèse de Doctorat, Paris I, PRASAC - IRD - CIRAD, 468 p.
- Sarr O, Diatta AS, Gueye M, Ndiaye PM, Guisse A, Akpo LE. 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Revue Méd. Vét.*, 164 (1) : 2-8.
- Savadogo O.M., Ouattara K., Paré S., Ouédraogo I., Sawadogo-Kaboré S., Barron J. & Zombré N.P., 2016. Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16 (1) : 1-16.
- SCDB., 2009. Biodiversité et gestion forestière durable dans le bassin du Congo. Rapport. Montreal, 34 p.
- SCDB., 2010. Gestion durable des forêts, diversités biologique et moyen d'existence : un guide des bonnes pratiques. Montréal 47p.
- Tchobsala et Mbollo, 2013. Impact of wood logging on the phytomass and sequestration in the guinea savanna, Ngaoundere, Adamoua Region, Cameroon. *Global. Adv. Res. J. Environ.Sci. Toxicol.*, 2(7) : 11p.
- Tente B. & Sinsin B., 2002. Diversité et structure des formations arborescentes du secteur perma-toucountouna dans la chaîne de l'Atacora (Bénin). Étude, flore et végétation du Burkina Faso, 6 : 31-42.
- Thirakul, S., 1990. manuel des dendrologies des savanes boisées. ACDI/ONADEF/RUC. 523p
- van der Werf G.R. *et al.*, 2009. CO2 emissions from forest loss. *Nat. Geosci.*, 2(11), 737-738.
- Watson R.T. & Heywood V.H., 1995. Global biodiversity assessment. UNEP, Cambridge university press. Sophia Antipolis, USA. pp. 825-907.
- Zerbo I., Bernhardt R.M., Ouédraogo O., Hahn K., & Thiombiano A., 2016. Effects of climate and land use on herbaceous species richness and vegetation composition in west African savanna ecosystems. *Journal of botany*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2016/9523685>.

\*\*\*\*\*