



Structure et composition de la végétation dans le sous bassin versant du Kadzel (Lac Tchad), Niger

KAREMA ARY MADOU Kaoulé^{1*}, MOUSSA MAMOUDOU Boubacar ¹, AMADOU ISSOUFOU Abdorhimou¹ et MAHAMANE Ali^{1,2}

¹ Faculty of Agronomic Sciences, University of Diffa, Diffa, Niger

² Faculty of Science and Technology, Abdou Moumouni University of Niamey, Niamey, Niger

*Auteur correspondant, e-mail : madoukaoulekaemaary@gmail.com ; Tél : (+227) 99106917.

Submission 28th December 2024. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 28th February 2025 <https://doi.org/10.35759/JABs.205.1>

RESUME

Objectif : La présente étude vise à analyser la structure et la composition de la végétation dans le sous bassin versant du Kadzel.

Méthodologie et Résultats : La démarche méthodologique est basée sur l'approche phytosociologique et dendrométrique à travers un échantillonnage aléatoire stratifié. Une matrice de 212 relevés basée de présence et absence des espèces par relevé a été effectuée pour l'individualisation des groupements végétaux à travers une analyse en classification ascendante hiérarchique (CAH). Et une analyse en composante principale a été réalisée pour faire ressortir les familles dominantes en fonctions des formations végétales. Le logiciel R 4.3.1 a été utilisée pour l'ensemble des traitements statistiques. La flore est composée de 145 espèces végétales regroupées dans 44 familles et 103 genres, les formes de vie les plus représentées sont les Thérophytes, suivis par des Phanérophytes. L'indice de diversité de Shannon montre que la diversité elle est élevée. Sept (7) groupements végétaux ont été discriminées. *Diospiros mespliformis*, *Hyphaene thebaica*, *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora percica* et *Cordia senensis* sont des espèces écologiquement importantes du sous bassin versant de Kadzel. La structure du peuplement à *Diospiros mespliformis* et *Hyphaene thebaica* est marquée par la dominance des gros individus alors que, pour la population des espèces *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora percica* et *Cordia senensis* sont dominés par les individus des faibles et des moyenne diamètre. Le pâturage, feu de brousse, émondage, le sol sont des variables environnementales qui influence la végétation de la zone.

Conclusion et application des résultats : Les résultats de cette étude peuvent être utilisés dans le cadre de la protection et de la conservation de la biodiversité du Bassin du Lac Tchad.

Mot clé : Flore, Feu de brousse, Emondage.

Structure and composition of vegetation in the Kadzel sub-watershed (Lake Chad), Niger

ABSTRACT

Objective: This study aims to analyze the structure and composition of vegetation in the Kadzel sub-watershed.

Methodology and Results: The methodological approach is based on the phytosociological and dendrometric approach through stratified random sampling. A matrix of 212 surveys based on the presence and absence of species per survey was carried out for the individualization of plant groups through an analysis in hierarchical ascending classification (HAC). And a principal component analysis was carried out to highlight the dominant families according to the plant formations. The R 4.3.1 software was used for all statistical processing. The flora is composed of 145 plant species grouped into 44 families and 103 genera, the most represented life forms are *Therophytes*, followed by *Phanerophytes*. The Shannon diversity index shows that the diversity is high. Seven (7) plant groups were discriminated. *Diospiros mespliformis*, *Hyphaene thebaica*, *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora percica* and *Cordia senensis* are ecologically important species of the Kadzel sub-watershed. The structure of the *Diospiros mespliformis* and *Hyphaene thebaica* population is marked by the dominance of large individuals, while for the population of the species *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora percica* and *Cordia senensis*, they are dominated by individuals of small and medium diameter. Grazing, bush fire, pruning, soil are environmental variables that influence the vegetation of the area.

Conclusion and application of results: The results of this study can be used in the context of the protection and conservation of biodiversity in the Lake Chad Basin.

Keyword: Flora, Bush fire, Pruning.

INTRODUCTION

Les régions sahéliennes sont caractérisées au cours de ces dernières décennies par une forte variabilité annuelle et spatiale de la pluviosité et une tendance à l'aridité progressive du climat (Jouve, 1991). La flore et la végétation constituent la principale source de revenus et de complément alimentaire pour les populations, surtout en zone rurale de la région sahélienne (Grouzis et Akpo, 1996). Au Sahel, les écosystèmes naturels et les agrosystèmes fournissent l'essentiel du fourrage consommé par les animaux. Savanes, steppes, jachères et champs offrent la base de l'alimentation du bétail pour toutes les formes d'élevages sédentaires et mobiles (Mainguy, 1958 ; César, 2005, Soumana, 2011). Les pâturages naturels sahéliens sont caractérisés par un peuplement de plantes ligneuses caractéristiques, éparses, de hauteur et de phénologies variées (Hiernaux et Le Houérou, 2006). L'organisation de la végétation dans la zone sahélienne est souvent

assimilée à une dégradation du milieu du fait qu'elle se concentre dans des lieux les mieux alimentés en eaux de ruissellement (Ichaou & d'Herbès, 1997). Sous la dépendance d'un même climat, le relief et le sol ainsi que l'action de l'homme constituent les déterminants de la distribution des formations végétaux à travers le paysage (Tchamie et Bouraïma, 1997). En effet, l'interaction entre les facteurs biotiques surtout anthropiques et abiotiques rendent complexe l'identification et la quantification des principaux déterminants de cette végétation et de sa biodiversité (Higgins *et al.*, 1999). Selon Rabiou (2016), l'exploitation abusive de certaines espèces telles que celles ayant des valeurs socio-économiques est l'un des facteurs déstabilisateurs de l'association végétale surtout en zone Sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'ouest. En effet, les changements de modes d'utilisation des terres et leurs

conséquences sur les systèmes écologiques ont été reconnus comme une composante majeure des changements globaux, d'une importance comparable aux variations climatiques et atmosphériques. Au Niger, les pâturages naturels, ils constituent la base, et le plus souvent la totalité des ressources alimentaires des ruminants (Karim, 2013). Face à la menace de réduction de la biodiversité, le Niger a basé la conservation de sa flore et de sa faune sur les aires protégées et les réserves forestières (Abdourahamane, 2016). L'étude de la flore et la végétation des parcours en relation avec les variables environnementales permet non seulement de diagnostiquer les conditions du milieu mais aussi d'analyser les réponses de la végétation aux variations de l'environnement. Elle peut permettre de prédire la réponse des communautés aux modifications de leur environnement à travers le développement d'instruments scientifiques de gestion durable (Abdourahamane, 2016 ; Alhassane, 2019).

En effet dans la zone de kadzel, la destruction du couvert végétal par les réfugiés et les déplacés prive le sol de sa protection naturelle avec des conséquences néfastes pour le régime des eaux (baisse de la nappe phréatique) et accélère fortement l'érosion hydrique et éolienne (FAO, 2012 ; MESU/DD, 2014). La perte du matériel organique et de la terre fine dans le sol risque de provoquer des dégâts quasi irréversibles au niveau des écosystèmes

(Maazou *et al.*, 2017 ; AFD, 2018). La dégradation des écosystèmes se poursuit par la déforestation (déboisement) et le surpâturage (émondage des arbres) par une forte concentration du bétail (Sinsin, 1993 ; Rabiou *et al.*, 2017). La capacité de régénération est d'autant réduite que l'aridité est prononcée. Si rien n'est fait pour les contenir ou pour proposer des alternatives, ce qui commence par une exploitation bénigne de diverses ressources peut prendre rapidement l'allure d'une dévastation étendue et irréversible (Youn, 1985 ; Mamadou, 2016). Face à cette situation, il n'est simplement pas envisageable de ne pas intervenir. Cette dégradation se manifeste par des modifications de la composition floristique et de la structure de la végétation (Bakhoun, 2013). Ce qui peut entraîner une précarisation de plus en plus accentuée des conditions de vie des populations rurales qui sont les plus affectées par les effets de cette dégradation (Diallo *et al.*, 2011a). Cette situation est fort préjudiciable aux conditions de vie des populations et à l'économie de cette zone (Sarr *et al.*, 2013). L'Hypothèse centrale stipule que la dynamique régressive des unités d'occupations des sols induit à une baisse de la diversité spécifique et de la perturbation de la structure des espèces végétales. L'objectif de l'étude est : Analyser la structure et la composition de la végétation du sous bassin versant de Kadzel.

MATERIELS ET METHODOLOGIE

Zone d'étude : L'étude a été réalisée dans le sous bassin versant du Kadzel, se situe au Sud du Manga et à l'Ouest du lac Tchad s'étend la plaine argilo-sableuse du Kadzel qui forme approximativement un rectangle orienté sud-ouest/nord-est d'une longueur de 150 km pour une largeur de 50 km (Figure 2). Cette plaine d'une géomorphologie plane est limitée au nord et à l'ouest par le plateau sableux du Manga méridional, au nord-est par le lac Tchad et au sud-est par la basse vallée de la Komadougou Yobé. Le Kadzel correspond au

toit de la formation sédimentaire sablo-argileuse quaternaire du bassin du Tchad dont la puissance varie dans le Kadzel entre 60 et 100 m (Greigert et Bernert, 1979 ; Gaultier, 2004). C'est sans doute le secteur où les dépôts quaternaires sont les plus argileux. Au sein du paysage actuel, il en résulte plusieurs sous-unités géomorphologiques, en particulier celles qualifiées de haute, moyenne et basse terrasses (Durand *et al.*, 1984). Les limites entre ces différentes unités sont d'ordre topographique et pédologique (Bocquier et

Gavaud, 1964a). La formation de ces terrasses est expliquée par des déplacements significatifs du cours de la rivière avant qu'elle n'incise la vallée actuelle, entre 7 500 et 6 000 ans BP en relation avec une activité néotectonique (Durand, 1995b). Cette hypothèse considère, la plaine du Kadzel comme une zone de déflation éolienne de type « sand sheet», marquée par des aires

d'alluvionnement de la Komadougou Yobé (Durand, 1995a-b). Le climat est de type sahélien, les moyennes annuelles des températures minimales et maximales sont respectivement de $22 \pm 28,61^{\circ}\text{C}$ et $39 \pm 43^{\circ}\text{C}$ et le cumul pluviométrique annuel se situe entre 200 et 400 mm d'eau pour l'année 2024 (Figure 1).

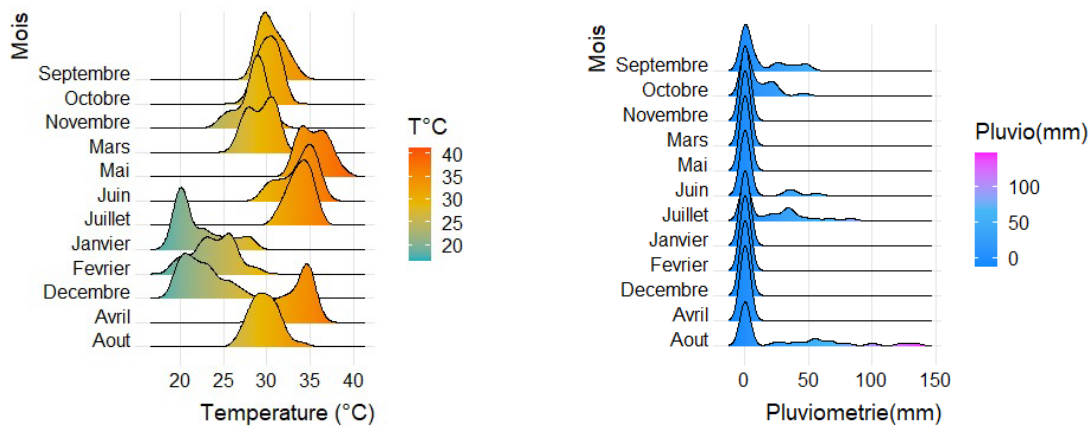


Figure 1 : Température et pluviométrie de la zone

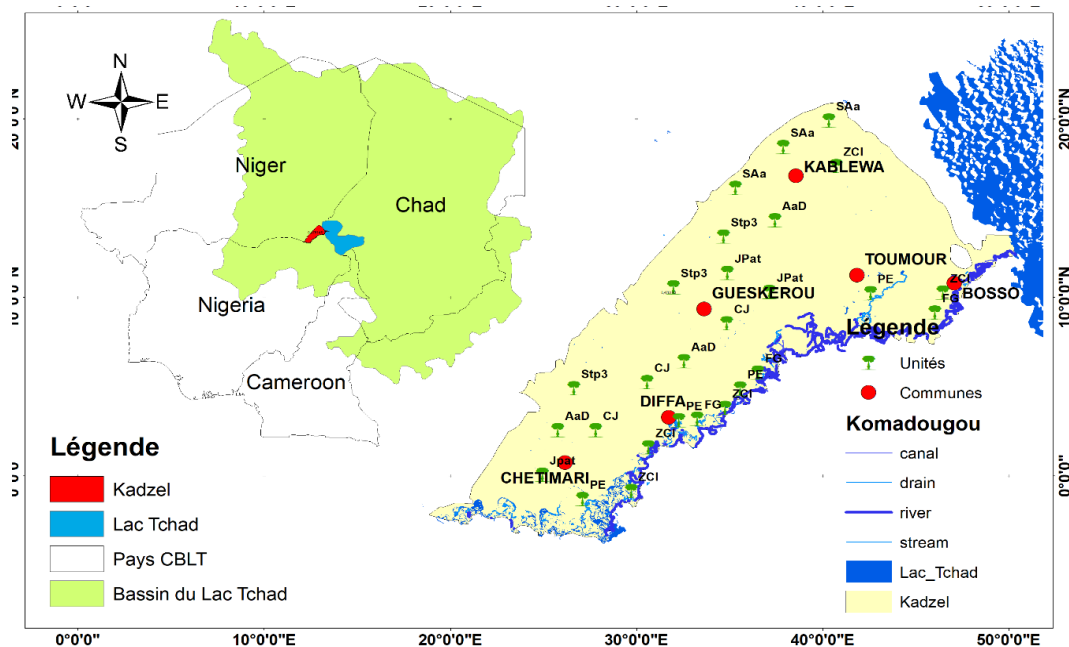


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

Légende : PE : Plans d'eau, FG : Forêt de galerie, AaD : Steppe arborée arbustive dégradée, Step3 : steppes arboré arbustive, Jpat : Complexe jachère-pâturage, SAa: steppe herbeuse dégradée, ZCI: zone de culture irrigué, CJ: Complexe champs-jachère

Méthode d'échantillonnage : La méthode d'échantillonnage aléatoire stratifié a été effectuée en fonction des unités d'occupation des sols, des placettes de formes carrées (50 m X 50 m) (Tougiani *et al.*, 2019) et rectangulaires (50 m X 20 m) (Kolo Kaou *et al.*, 2017) en fonction de types des formations végétales ont été installées dans les bas-fonds et les dépressions par la méthode de 3-4-5 du Théorème du Pythagore. Le taux de sondage, pour l'inventaire d'aménagement, est supérieur ou égal à 1 % pour une superficie inférieure à 50.000 ha ; et supérieurs ou égal à 0,5 % pour un massif forestier de superficie supérieure ou égal à 50.000 ha (SPIAF, 2007). Le taux de sondage de 1% est appliqué à la surface de la zone d'étude qui est estimée à 53.0338 ha donc supérieure à 50.000 ha (Glèlè *et al.*, 2016 ; SPIAF, 2007). Il a permis de déterminer le nombre de placettes. Ce qui a conduit à calculer la taille de l'échantillon (n), en utilisant la loi des grands nombres (Suquet, 2005).

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2}$$

N : Superficie de la zone ; e : niveau de précision de l'erreur de l'échantillon ; n : taille de l'échantillon. La zone d'étude a porté sur (1/12) de la partie nigérienne du bassin du Bassin du Lac Tchad.

Avec le risque de 5 % de se tromper et un écart standard de 5 relevés, le nombre moyen de relevés à effectuer est de 217±5 relevés (212 à 222 relevés).

Collecte des données : Pour la caractérisation de la végétation ligneuse, un inventaire forestier a été réalisé dans chaque placette. L'inventaire s'est fait au moyen d'un GPS pour prendre les coordonnées géographiques des placettes ; des jalons pour la mesure de la hauteur totale des ligneux ; des piquets métalliques pour la délimitation des placettes ; un mètre ruban de 100 m pour mesurer les deux diamètres du houppier ; un mètre ruban de 1,5 m pour les mesures des circonférences à 0,20

m et à 1,30 m du sol et des fiches de relevés floristique pour saisir les données sur le terrain (Boubé Morou, Haoua Ounani, Abdoulaye Amadou Oumani, Abdoulaye Diouf, 2016). Les mesures ont concerné tous les individus de diamètre supérieur ou égal à 5 cm (Thiombiano, *et al.*, 2015). Pour la caractérisation de la végétation herbacée, les relevés phytosociologiques ont été réalisés selon la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet sur la base de l'homogénéité floristique et écologique de la zone stations (Gounot, 1969). Les coefficients d'abondance- dominance ont été attribués aux espèces suivant les critères établis par Braun-Blanquet en 1932 (Souley, 2022).

Analyse et traitements des données

Spectres biologiques

Le spectre brut a été calculé à partir de l'expression :

$$SB = \frac{n_i * 100}{N}$$

Avec n_i le nombre d'espèces (ayant le même type biologique), N est le nombre total de l'ensemble des espèces recensées.

Le spectre pondéré a été déterminé selon la formule :

$$SP = \frac{Rm_i * 100}{N}$$

Avec Rm_i le recouvrement moyen de chaque espèce (ayant les mêmes types biologiques).

$$Rm_i = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{N_{Rm}}$$

N_{Rm} est le nombre de relevés ; p_i est la proportion des différentes espèces.

Diversité alpha : Legendre (1998) propose l'utilisation de l'anthropie H, comme indice de diversité. L'indice de diversité Alpha de Shannon-Weaver 1949 a été calculé par la formule suivante (Magurran, 2004 ; Shannon et Weaver, 1949) :

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i * \log_2 P_i$$

Les valeurs de H sont exprimées en bits et varient de 1 à plus de 4. Il est : faible de] 0 ;

2,5] ; moyen de [2,5 ; 4[et élevé de 4 à plus (Morou, 2010). Il apprécie la diversité au sein des groupes (Dajoz, 2003 ; Frontier *et al.*, 2008).

Indice d'équitabilité de Piélou 1969 ou régularité évalue le poids de chaque espèce dans l'occupation de l'espace (Magurran, 2004 ; D'Avignon *et al.*, 2000). Il est d'autant plus élevé qu'un grand nombre d'espèces participe au recouvrement (Grall et Coïc, 2005). L'équitabilité de Pielou résulte du rapport entre la diversité réelle et la diversité théorique (Ben Moustapha *et al.*, 2016 ; Huston, 1994 ; Dajoz, 2003 ; Frontier *et al.*, 2008 ; Masharabu *et al.*, 2010).

$$E(\text{bit}) = \frac{H'}{H_{\max}} \text{ avec } H_{\max} = \log_2 (S)$$

La valeur de l'indice varie de 0 (une espèce dominante très largement toutes les autres) à $\log_2 S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance), S étant le nombre d'espèces. $E < 0,6$ = faible ; $0,6 \leq E \leq 0,7$ = moyen ; $E \geq 0,8$ = élevé.

Indice des valeurs d'importance : La valeur d'importance est estimée par la formule suivante :

$$\begin{aligned} IVI \\ &= Fr \text{ relative } (\%) \\ &+ Fr \text{ dominance basale } (\%) \\ &+ Fr \text{ dominance relative } (\%) \end{aligned}$$

Où Fr relative est la fréquence relative de l'espèce, Fr dominance basale est la fréquence de surface terrière de l'espèce et Fr dominance relative est la fréquence de recouvrement formé par l'espèce. IVI est un indice quantitatif permettant d'identifier les espèces écologiquement importantes dans une communauté végétale. Il varie de 0 (absence de dominance) à 300 (mono- dominance).

Établissement des structures démographiques : L'ensemble des individus des espèces ligneuses caractéristiques par groupements ont été répartis en 6 classes de diamètre d'amplitude 10 cm et 7 classes de hauteur d'amplitude 1 m. Ainsi, la structure démographique des populations adultes des

espèces est construite en répartissant les individus en classes de diamètre et en classes de hauteur. Par ailleurs, pour mieux cerner la variabilité des formes des structures observées et de rendre possible les comparaisons entre structures, un ajustement à la distribution théorique de Weibull basée sur la méthode du maximum de vraisemblance sera appliqué avec le logiciel Minitab 18.0. La distribution de Weibull se caractérise par une grande souplesse d'emploi et sa fonction de densité de probabilité se présente sous la forme (Rondeux, 1999).

$$f(x) = a/b \left\{ x - a/b \right\}^c -1 \text{ Exp} \left[- \left(x - a/b \right)^c \right]$$

Où, x est le diamètre ou la hauteur des arbres et $f(x)$ sa valeur de densité de probabilité ; a est le paramètre de position ; b est le paramètre d'échelle ou de taille et c est le paramètre de forme lié à la structure observée. Lorsque $c < 1$, la distribution est en "J" inversé ; lorsque $c = 1$ la distribution est une fonction exponentielle décroissante. Pour $c > 1$ la distribution est une fonction uni-modale. Si $1 < c < 3,6$ la distribution est asymétrique positive, lorsque $c = 3,6$ la distribution est approximativement normale et lorsque $c > 3,6$ la distribution est asymétrique négative.

Analyses statistiques : Pour faire ressortir les formes biologiques et les espèces écologiquement importantes en fonction des formations végétales, la fonction « ggballonplot » dans « ggpubr » a été utilisée sous logiciel R 4.3.1. Cette fonction permet de dessiner une matrice graphique d'un tableau de contingence, où chaque cellule contient un point dont la taille reflète la dominance de chaque forme biologique et des espèces par formations végétales. Et une analyse en composante principale a été réalisée pour faire ressortir les familles dominantes en fonctions des formations végétales (logiciel R 4.3.1).

RESULTATS

Analyse de la flore : Par rapport au cortège floristique, la présente étude a permis de recenser au total 145 espèces végétales regroupées dans 44 familles et 103 genres. Quatre des familles à savoir les Poaceae et les Cypéraceae, Amarantaceae et les mimosaceae dominant.

Analyse des formes biologique : L'analyse des types biologiques par unités d'occupation

du sol montre une abondance des Thérophytes (Th) dans l'ensemble des unités suivis par des Phanérophytes (mp, np) avec des spectres pondérés respectifs de 48,70% et 33,92%. Ils sont suivis par les Hydrophytes (10,82%). Les géophytes (3,63%), les Chaméphytes (1,90%) et les hémicryptophytes (1,03%) sont les types biologiques les moins représentées de la zone (Figure 3).

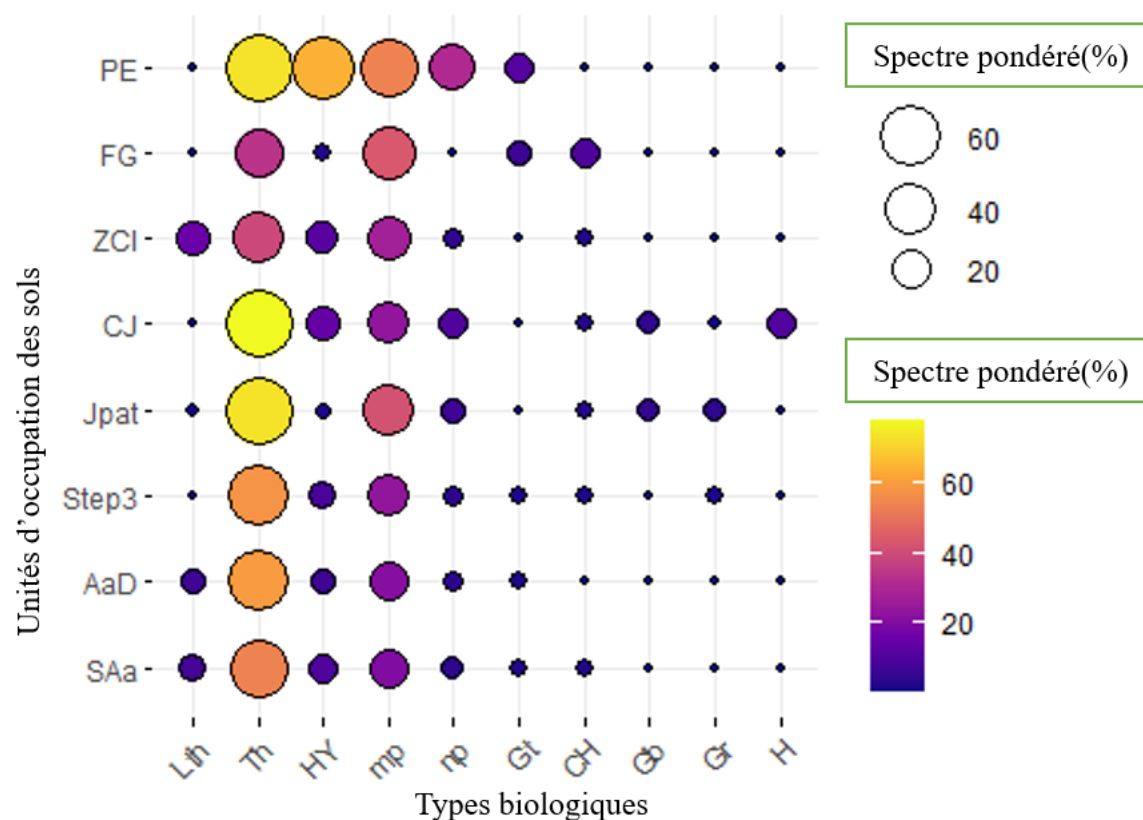


Figure 3 : Analyse des formes biologiques

Légende : Ch: Chaméphytes ; LTh: Lianes herbacées thérophytes ; mp: Microphanérophytes ; np: Nanophanérophytes ; Th: Thérophytes ; Hy: Hydrophytes, Gt: Géophytes à tubercule, Gr: Géophytes rhizomateuse, Gb: Géophytes bulbeuse, H: Hémicryptophyte, PE: Plans d'eau, FG: Forêt de galerie, AaD: Steppe arborée arbustive dégradée, Step3: steppes arboré arbustive, Jpat: Complexe jachère-pâturage, SAa: steppe herbeuse dégradée, ZCI: zone de culture irrigué, CJ: Complexe champs-jachère.

Analyse de la diversité alpha : La richesse spécifique représente une des principales caractéristiques d'un peuplement végétal et est le paramètre le plus fréquemment utilisé pour étudier la biodiversité végétale. Analyse montre que, les unités d'occupations « plans d'eau, le complexe champs-jachère et les

formations steppiques sont plus diversifiées avec une valeur de l'indice de Shannon-Weaver qui varie de 4,63 bits à 4,92 bits. Ces dernières sont caractérisées par une forte équitabilité variant de 0,81 à 0,86. La diversité elle est moyenne dans le complexe jachère-pâturage, de la zone de culture irrigué et de la

forêt galerie qui varient de 4,27 bits à 4,33 bits et une forte équitabilité de 0,72 à 0,83. Donc il

y'a une diversification de la flore dans la zone d'étude « Kadzel » (Figure 4).

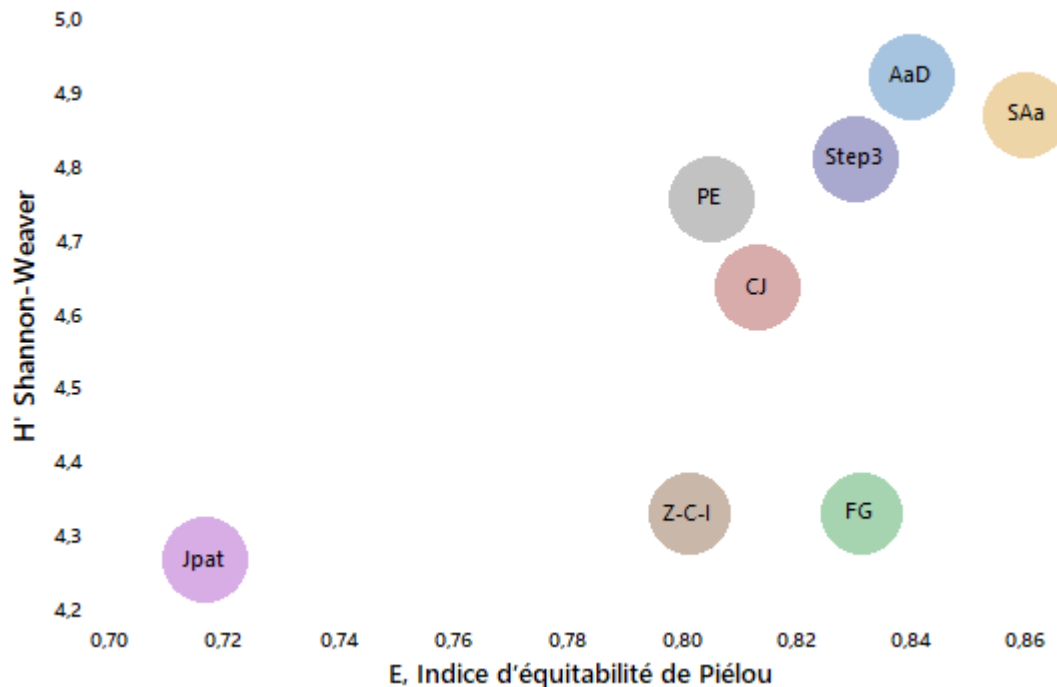


Figure 4 : Diversité Alpha

Légende : H' : Diversité de Shannon ; E : Équitabilité de Pielou, PE : Plans d'eau, FG : Forêt de galerie, AaD : Steppe arborée arbustive dégradée, Step3 : steppes arboré arbustive, Jpat : Complexe jachère-pâturage, SAa: steppe herbeuse dégradée, ZCI: zone de culture irriguée, CJ: Complexe champs-jachère.

Caractérisation des groupements végétaux : La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a permis de distinguer 7 groupements au seuil de troncature de 34 % et à une distance Euclidienne de 4,67. Les groupements sont constitués de 25 relevés pour le groupe GI ; de 26 relevés pour GII ; de 50 relevés pour GIII ; de 18 relevés pour GIV ; de 33 relevés pour GV ; de 40 relevés pour GVI et de 20 relevés pour GVII.

Le groupement (GI) à *Diospyros mespiliformis* et *Cyperus difformis* regroupe 103 espèces repartis en 42 Familles, dont *Nymphaea lotus*, *Oryza barthii* et *Cyperus rotundus* ont été les espèces indicatrices du groupement tandis que le groupement (GII) à *Bauhinia rufescens* et *Fimbristylis littoralis* regroupe 132 espèces repartis en 33 Familles, *Heliotropium ovalifolium*, *Leersia alexandra* et *Acacia seyal* ont été les espèces indicatrices du

groupement et le groupement (GIII) à *Balanites aegyptiaca* et *Ipomoea vagans* regroupe 113 espèces repartis en 32 Familles, *Hyphaene thebaica*, *Pilostigma reculatom* et *Brachiaria ramosa* ont été les espèces indicatrices du groupement. Ces espèces ont une valeur élevée (recouvrement moyen) dans les relevés effectués au niveau des plans d'eau (PE), de la zone de culture irriguée (ZCI) et dans la forêt galerie (FG).

Le groupement (GIV) à *Vachellia tortilis* et *Dactyloctenium aegyptium* regroupe 83 espèces repartis en 26 Familles, *Vachellia tortilis*, *Calotropis procera* et *Brachiaria villosa* ont été les espèces indicatrices du groupement et le groupement (GV) à *Vachellia tortilis* et *Chloris prieurii* regroupe 102 espèces repartis en 37 Familles, *Vachellia tortilis*, *Leptedania pyrotecnica* et *Cynodon dactylon* ont été les espèces indicatrices du

groupement. Ces espèces ont une valeur élevée dans les relevés effectués au niveau de steppe herbeuse dégradée (SAa), de steppe arborée à arbustive (Stp3) et arborée à arbustive dégradée (AaD).

Le groupement (GVI) à *Salvadora percica* et *Acanthospermum hispidum* regroupe 112 espèces repartis en 33 Familles, le groupement

(GVII) à *Cordia senensis* et *Chloris prieurii* regroupe 79 espèces repartis en 32 Familles, *Cordia senensis* et *Striga hermonthica* ont été les espèces indicatrices des groupements. Ces espèces ont une valeur élevée dans les relevés effectués dans les complexes champs-jachère et jachère-pâturage (CJ et Jpat) (Figure 5).

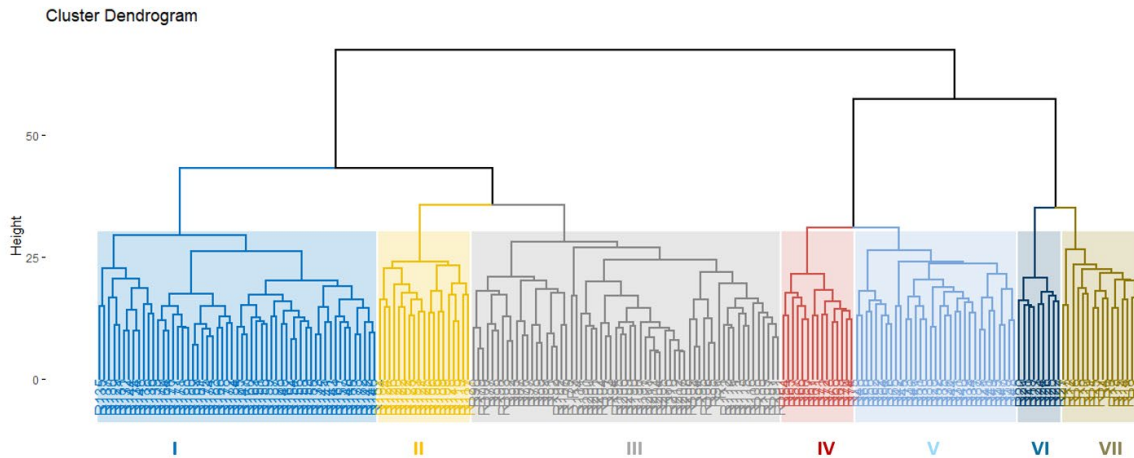


Figure 5 : Groupements végétaux

L'analyse du biplot (Figure 6) révèle que les Cypéraceae dominent dans la forêt galerie (FG), au niveau des plans d'eau (PE) et de la zone de culture irriguée (ZCI), alors qu'elles sont faiblement présentées dans les formations steppiques et dans les complexes champs-

jachère et jachère-pâturage. Les formations steppiques sont dominées par les Poaceae, suivis faiblement par les Amaranthaceae. Les Amaranthaceae sont dominante dans les complexes champs-jachère et jachère-pâturage suivis faiblement par les Poaceae.

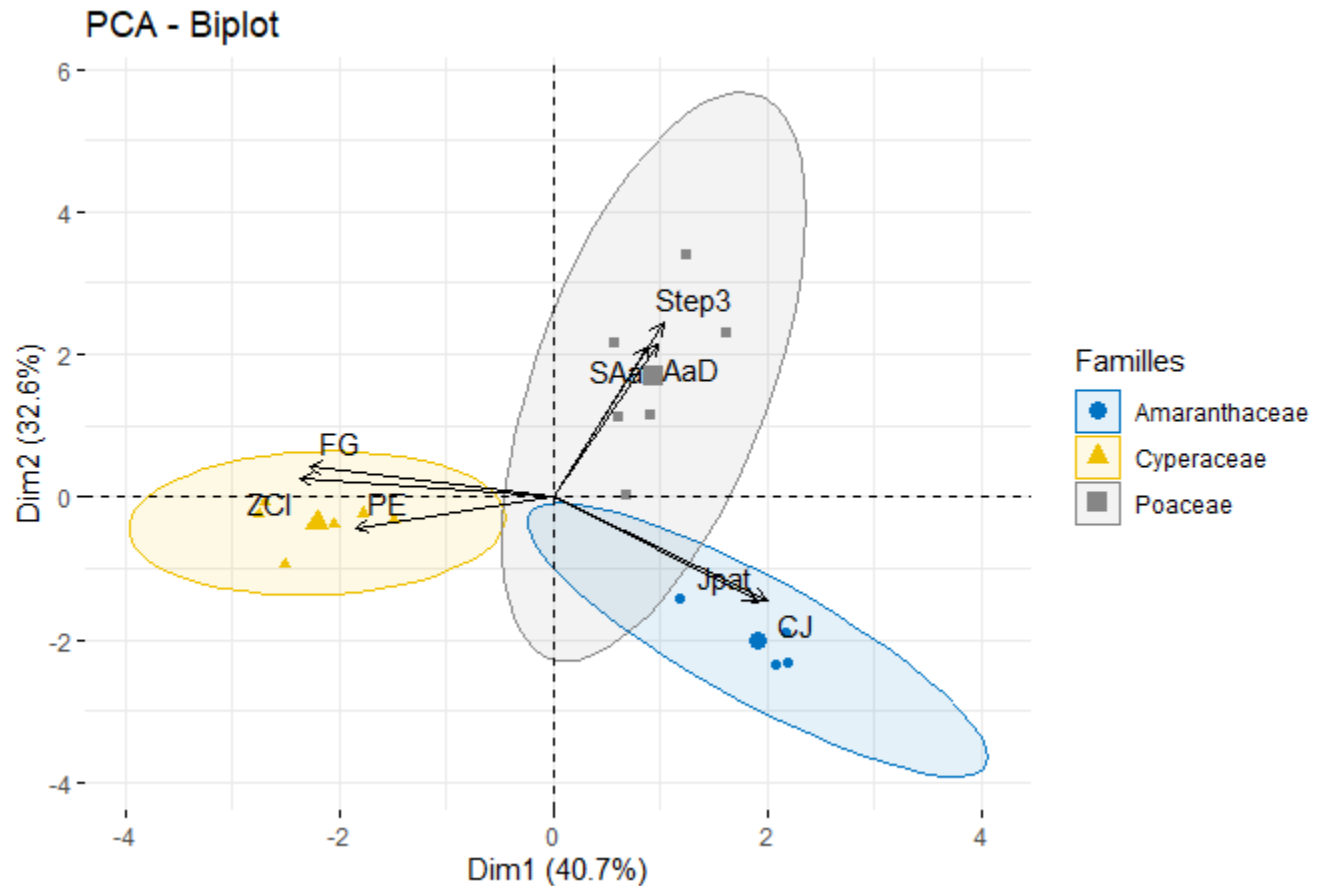


Figure 6 : Projection des familles dominantes sur les deux premiers principaux axes

Légende : PE : Plans d'eau, FG : Forêt de galerie, AaD : Steppe arborée arbustive dégradée, Step3 : steppes arboré arbustive, Jpat : Complexe jachère-pâturage, SAa: steppe herbeuse dégradée, ZCI: zone de culture irrigué, CJ: Complexe champs-jachère.

Valeur d'importance des espèces végétales :

Analyse issue de la figure 7 montre que les espèces écologiquement importantes dans la zone de Kadzel sont : Les plans d'eau et la forêt galerie sont dominée par *Diospiros mespiliformis* (IVI=100,09%) et *Hyphaene thebaica* (IVI= 85,86%). La zone de culture irrigué et la steppe herbeuse dégradée sont dominées par les pieds de *Balanites aegyptiaca* avec des valeurs d'importance respectifs

164,19% (ZCI) et 152,83% (SAa). *Salvadora percica* (IVI= 157,67%) et *Cordia senensis* (IVI= 137,21%) sont écologiquement importantes dans le complexe champs-jachère (CJ) et la steppe arborée à arbustive dégradée (AaD). *Vachellia tortilis* est dominante dans le complexe jachère-pâturage (Jpat, IVI= 171,90%) et la steppe arborée à arbustive (Stp3, 159,37%).

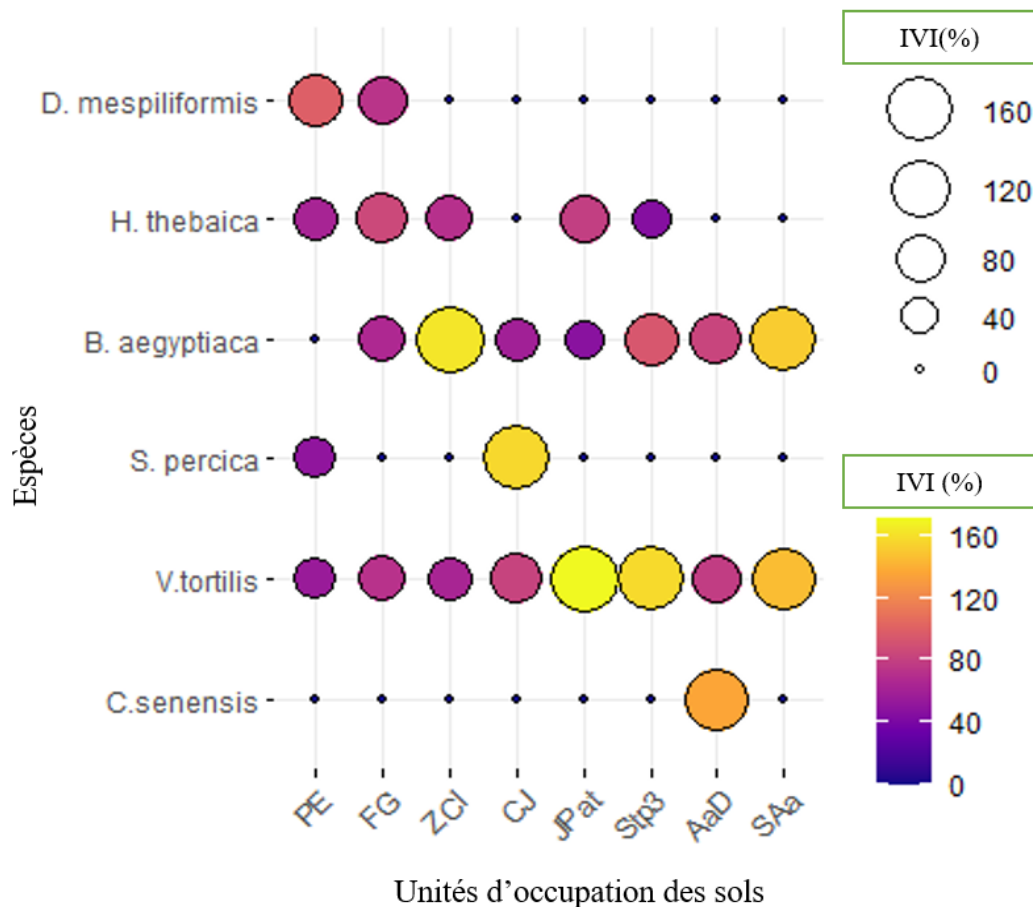


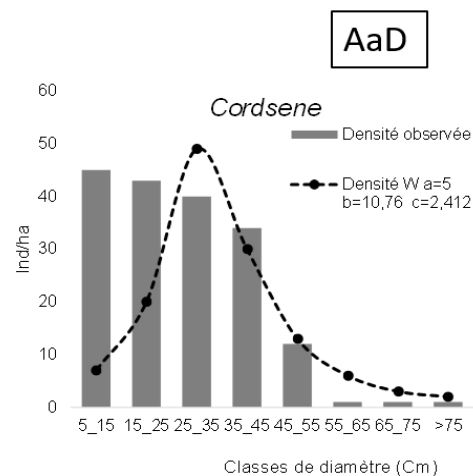
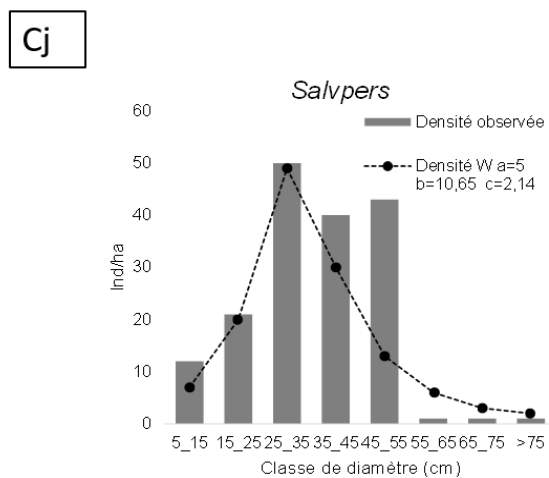
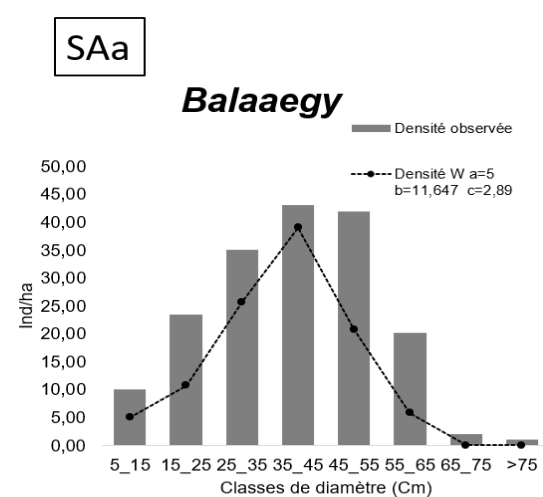
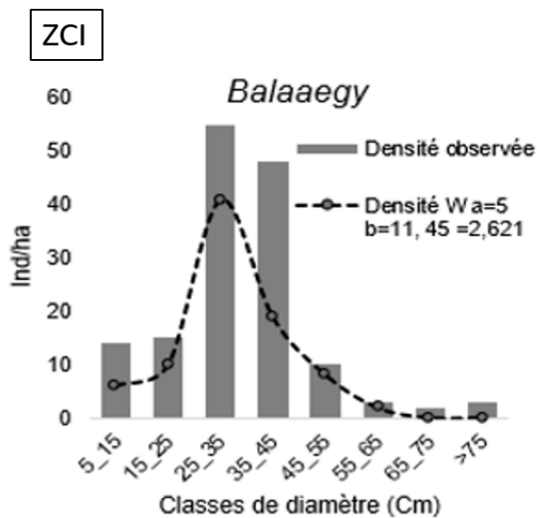
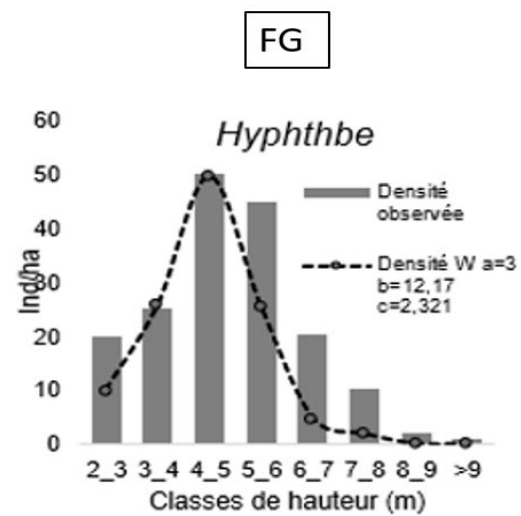
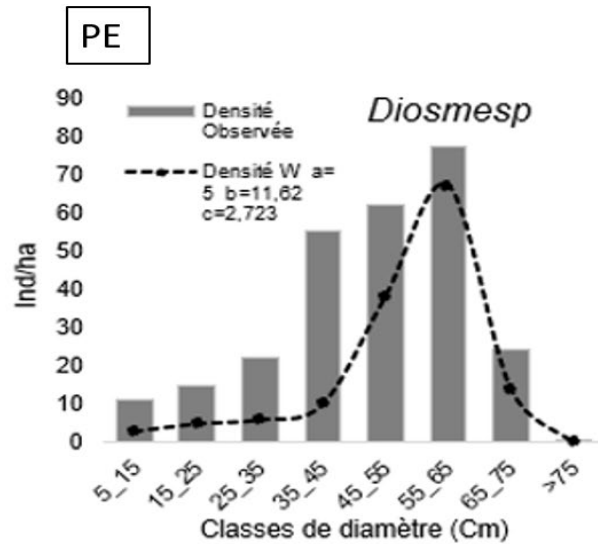
Figure 7 : Valeurs écologiques des espèces végétales

Légende : PE : Plans d'eau, FG : Forêt de galerie, AaD : Steppe arborée arbustive dégradée, Step3 : steppes arborées arbustives, Jpat: Complexe jachère-pâturage, SAa: steppe herbeuse dégradée, ZCI: zone de culture irriguée, CJ: Complexe champs-jachère.

Structures de la population des espèces caractéristiques :

La distribution en diamètre de la population à *Diospiros mespiliformis* et en hauteur pour la population d'*Hyphaene thebaica* présentent une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus des gros diamètres ou des hauteurs élevées, avec leurs valeurs du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull $c=2,723$ et $c=2,321$ (Figure 9). La distribution en classe de diamètre de la population à *Balanites aegyptiaca* et celui de *Vachellia tortilis* présente une distribution asymétrique positive, avec leurs valeurs du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull de $c=2,621$ et

$c=2,17$. Pour la distribution de la population de *Salvadora percica* et *Cordia senensis*, les peuplements sont dominés par les individus des faibles et des moyenne diamètre. Caractéristique des peuplements monospécifiques avec les valeurs du paramètre de forme, c de la distribution de Weibull de $c=2,14$ et $c=2,416$ (Figure 9). La population de *Diospiros mespiliformis* et celui d'*Hyphaene thebaica* sont présentées par les individus âgés mais les jeunes individus ont une faible densité tandis que la population des espèces à *Balanites aegyptiaca*, *Vachellia tortilis*, *Salvadora percica* et *Cordia senensis* sont présentés par les individus des faibles diamètres..



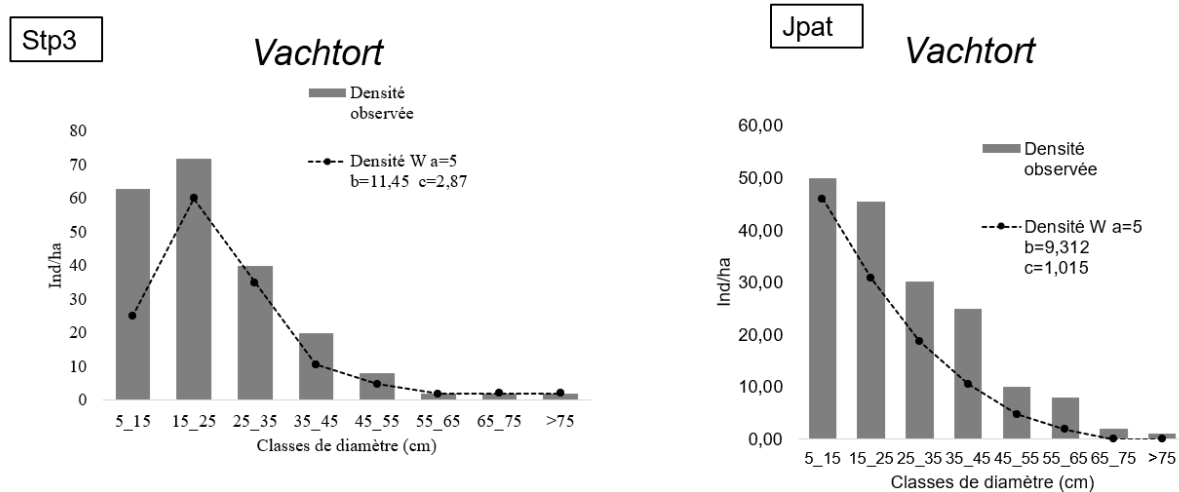


Figure 9 : Structures de la population des espèces caractéristiques

DISCUSSION

Caractéristiques floristiques : La flore recensée est composée de 145 espèces végétales regroupées dans 44 familles et 103 genres. Les Poaceae (104), les Cypéraceae (29) les Amaranthaceae (20) et les Mimosaceae (18) constituent les familles dominantes de la zone. La forte proportion des Poaceae dans la zone d'étude s'expliquer par le fait que ces taxons possèdent une très grande possibilité de tallage et une plus grande vitesse de repousse (Salette, 1970). Et en plus, les graminées (Poaceae) sont des espèces qui résistent aux différentes perturbations car elles développent une stratégie leur permettant de se maintenir et de se développer dans un environnement perturbé (Bremen et De Ridder, 1991). Ces résultats corroborent ceux de Boulweydou (2008) et Akpo et Grouzis (2000) qui, dans leurs études ont trouvé que les espèces de la famille des Poaceae étaient les plus nombreuses. Les formes de vie les plus représentées sont les Thérophytes, suivis dans presque toutes les unités d'occupation des sols par des Phanérophytes ce qui montre le climat de la zone d'étude est de type aride. Ces résultats confirment l'assertion de Schmidt et al. (2005) selon laquelle les types biologiques reflètent non seulement les paramètres structuraux dans une végétation mais

également les conditions environnementales variées. Des résultats similaires ont été retrouvés par Soumana (2011) dans les parcours pastoraux de la région de Zinder et par Karim et al. (2012) dans la commune rurale de Simiri. Pour nombre d'auteurs (Mahamane, 2005 ; Morou, 2010 ; Inoussa, 2011), la prédominance des thérophytes dans les zones s'explique par leur adaptation aux milieux aride et semi-aride. En effet, elles bouclent leurs cycles pendant la saison des pluies et passent la saison sèche à l'état de graines donc moins affectées par les rudes conditions du milieu (Morou, 2010). On constate une augmentation des Thérophytes et une diminution des Phanérophytes caractérisant ainsi une dégradation progressive des ressources végétales ligneuses. Les indices de diversité floristique constituent des critères objectifs pour apprécier la diversité d'une communauté végétale (Ramade, 1994). Analyse montre que les formations végétales (plans d'eau, le complexe champs-jachère et les formations steppiques) sont plus diversifiées avec une valeur de l'indice de Shannon-Weaver qui varie de 4,63 bits à 4,92 bits, mais elle est moyenne dans le complexe jachère-pâturage, de la zone de culture irriguée et de la forêt galerie qui varient de 4,27 bits à

4,33 bits et une forte équitabilité de 0,72 à 0,83. Cela pourrait s'expliquer par la nature des espèces cultivées, la durée et la fréquence de la phase culturale, le pâturage et le feu de brousse qui influence la flore au niveau de ces unités d'occupation des sols. Sept (7) groupements végétaux ont été discriminés sur la base de présence-absence des espèces dans les relevés. Ces groupements s'observent surtout au niveau des formations naturelles dans les dépressions des sols sablo-argileux.

Valeur d'importance des espèces végétales : *Diospiros mespiliformis*, *Hyphaene thebaica*, *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica* et *Cordia senensis* sont des espèces ligneuses caractéristiques de la zone. La structure du peuplement est marquée par la dominance des gros individus en termes de diamètre qu'en de hauteur chez la population de *Diospiros mespiliformis*, *Hyphaene thebaica* et une faible densité des individus jeunes, serait liée à l'insuffisance ou à l'absence des

semences de ces espèces du fait qu'elles sont rarement représentées par des individus jeunes. Ces observations sont corroborées par celles de Niang et al. (2014) et Dan Guimbo et al (2014). Une structure similaire a été retrouvée Karema (2022) dans la commune urbaine de Diffa, Niger. La population de *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica* et *Cordia senensis* sont dominés par les individus des faibles et des moyenne diamètre, les individus de petit diamètre assurent l'avenir des formations naturelles (Morou, 2010), selon Whitmore (1990), les densités élevées des classes de petit diamètre assurent l'avenir de la formation naturelle. Ces résultats corroborent ceux de Moutari (2015) dans la zone de Simiri (département d'Ouallam) et Oumarou (2016) dans les terroirs villageois de Garin Yahaya et Tsayin daka (département de Guidan Roumdji). La faible densité des individus âgés traduit une forte menace chez les individus ligneux âgés.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Au terme de cette étude conduite dans la zone de Kadzel, sur le plan floristique 145 espèces végétales regroupées dans 44 familles et 103 genres. La répartition des types biologiques montre la dominance des thérophytes et des phanérophytes confirmant le domaine sahélien auquel appartient notre zone d'étude. La flore elle est diversifiée, sept (7) groupements végétaux ont été discriminés. La structure de la population des espèces caractéristiques

montre qu'ils sont perturbés par les facteurs anthropiques et climatiques. Compte tenu des caractéristiques écologiques et de l'importance des ressources végétales, il est souhaitable que cette étude constitue une base des données pour la prise des décisions dans le cadre de la conservation de la Biodiversité du Bassin de Lac Tchad en générale et pour la zone de Kadzel en particulier.

REFERENCES

- Ahmed, O., & Rouscoua, B. (2001). Bilan et analyse des aspects hydro – environnementaux, écologiques et socio-économiques du bassin du fleuve Niger au Niger. Analyse diagnostique du bassin du fleuve Niger. MRE/FEM/PNUD. Niger.
- Akpo, L. E., & Grouzis, M. (1996). Interaction arbre/herbe en zones arides et semi arides d'Afrique: état des connaissances. *Rev di Agricol subtrop e trop*, 90, 95-106.
- Akpo, L. E., & Grouzis, M. (2000). Valeur pastorale des herbages en région soudanienne : le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura*, 18(1), 1-8.
- Asker, M. M. S., & Shawky, B. T. (2010). Structural characterization and antioxidant activity of an extracellular polysaccharide isolated from

- Brevibacterium otitidis BTS 44. *Food chemistry*, 123(2), 315-320.
- Bocquier, G., & Gavaud, M. (1964). Etude pédologique du Niger oriental. *Edition ORSTOM*.
- Boulweydou, A. (2008). Caractérisation de l'habitat de la tortue sillonnée (*Geochelone sulcata*, Miller, 1979) dans le massif de Termit (Zinder-Niger). *Mémoire de DEA en Biologie appliquée, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni de Niamey*. 118p.
- César, V., Bellemin-Laponnaz, S., Wadepohl, H., & Gade, L. H. (2005). Conception de la « voie de recherche » dans le développement d'une nouvelle classe de catalyseurs d'hydrosilylation stéréosélective hautement efficaces. *Chimie – Une revue européenne*, 11(9), 2862-2873.
- Chamard, P. C., & Courel, M. F. (1999). La forêt sahélienne menacée. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 10(1), 11-18.
- Chapman, A. C. (1995). Primate seed dispersal. Coevolution and conservation implications. In: Bawa K.S. & Hadley M., eds. *Reproductive ecology of tropical forests plants*. Paris: UNESCO, (pp. 30-50).
- Daget, P., & Poissonet, J. (1997). Biodiversité et végétation pastorale.
- Dan GUIMBO, I. (2011). Fonction, dynamique et productivité des parcs à *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn. et à *Neocarya macrophylla* (Sabibe) Prance dans le sud-ouest du Niger.
- Rédaction, C., Baina, D. J., Adamou, M., Saadou, P. M., Abdou, M. M. M., Maisharou, M. A., & Kourna, M. A. M. (2007). Deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.
- Diallo, A., Agbangba, E. C., Thiaw, A., & Guisse, A. (2012). Structure des populations de *Acacia senegal* (L.) Willd dans la zone de Tessékéré (Ferlo nord), Sénégal.
- Durand, L. G. et Pibarot, P. (1995). Traitement numérique du signal du phonocardiogramme : revue des avancées les plus récentes. *RevueTM critiques en génie biomédical*, 23(3-4).
- Durand-Dastès, F. (1984). La question où? et l'outillage géographique. *EspacesTemps. net*, (26-29), 8-21.
- Faso, B. (2023). Diversité et structure démographique de la flore ligneuse de la forêt classée de Bansié dans la province du Tuy, Burkina Faso. *Afrique SCIENCE*, 23(6), 27-41.
- Gaultier, G. (2004). *Recharge et paléorecharge d'une nappe libre en milieu sahélien (Niger oriental): approches géochimique et hydrodynamique* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- Grall, J., & Coïc, N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. *Institut Universitaire européen de la Mer. Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement Marin*, 7-86.
- Guimbo, I. D., Mahamane, A., & Ambouta, K. J. M. (2010). Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. CF) dans le sud-ouest nigérien: diversité, structure et régénération. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5).
- Habou, M. K. A., Rabiou, H., Karim, S., Maazou, R., Matchi, I. I., & Mahamane, A. (2020). Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Gouré (Sud-est du Niger). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(2).

- Habou, M. K. A., Rabiou, H., Karim, S., Maazou, R., Matchi, I. I., & Mahamane, A. (2020). Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Gouré (Sud-est du Niger). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(2).
- Hansen, J., Sato, M. K. I., Ruedy, R., Nazarenko, L., Lacis, A., Schmidt, G. A., ... & Zhang, S. (2005). Efficacy of climate forcings. *Journal of geophysical research: atmospheres*, 110(D18).
- Hiernaux, P., & Le Houérou, H. N. (2006). Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, 17(1-2), 51-71.
- Higgins, S. T. et Petry, N. M. (1999). Gestion des contingences : incitations à la sobriété. *Recherche sur l'alcool et la santé*, 23(2), 122.
- Ichaou, A., & d'Herbès, J. M. (1997). A comparison between the yield of structured and unstructured vegetation formations in the Sahel zone of Niger: impacts on forest management.
- Ismael, B. I. O., Rabiou, H., Soumana, I., Mamoudou, B. M., & Mahamane, A. (2021). Étude floristique des formations naturelles à *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* en zone sahélienne du Niger. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9(2).
- ISSOUFOU, A. A. E. S., RABIOU, H., SOUMANA, I., Ismael, B. I. O., & MAHAMANE, A. (2020). Effet d'ébranchement pour la fixation des dunes sur la structure démographique de *Leptadenia Pyrotechnica* (FORSSK.) Decne. dans la Région de Diffa, Niger. *Afrique SCIENCE*, 17(5), 110-123.
- Jouve, Ph. (1991). Usages et fonctions de la jachère en Afrique de l'Ouest et au Maghreb. In : Floret, C., Serpantié G. éds, La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Orstom, (pp. 55-66)
- Kaou, K. A. K., Manzo, O. L., Guimbo, I. D., Karim, S., Habou, R., & Paul, R. (2017). Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger : Cas de Mainé soroa. *Journal of Applied Biosciences*, 120, 12053-12066.
- Karema. (2022). Caractérisation de la végétation et dynamique de l'occupation du sol de la commune de Diffa (Niger), 119p.
- Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169-196.
- Karim, E., LIU, Q., Rahman, M. F., Khatun, H., Protim Barman, P., Shamsuzzaman, M., & Mahmud, Y. (2020). Comparative assessment of population biology of three popular pomfret species, *Pampus argenteus*, *Pampus chinensis* and *Parastromateus niger* in the Bay of Bengal, Bangladesh. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(2), 793-813.
- Kébé, M. I., Sagna, M. B., Diallo, M. D., Diallo, A., Diatta, S., Peiry, J. L., ... & Guissé, A. (2020). Étude des caractéristiques écologiques d'un peuplement ligneux de la grande muraille verte dans le Ferlo nord, Sénégal.
- Kositsup, B., Kasemsap, P., Thaler, P., & Améglio, T. (2007). Effect of temperature constraints on photosynthesis of rubber (*Hevea brasiliensis*). *CRRI*, 161-166.
- Laouali, A., Guimbo, I. D., Larwanou, M., Inoussa, M. M., & Mahamane, A. (2014). Utilisation de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub dans le sud du

- département d'Aguié au Niger : les différentes formes et leur importance. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(3), 1991-8631.
- Leblanc, M. (1997). Modélisation numérique de la nappe quaternaire du Manga (Niger Sud-Oriental). *Universite d'Avignon, IRD., Avignon*.
- Leduc, C., & Taupin, J. D. (1997). Hydrochimie et recharge de la nappe phréatique du Continental Terminal (Niamey, Niger). *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences*, 244, 235-244.
- Legendre, D., & Magnaudet, J. (1998). The lift force on a spherical bubble in a viscous linear shear flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 368, 81-126.
- Mainguy, P., & Doutre, M. (1958). Variations annuelles de la teneur en matières grasses de trois clupéides du Sénégal (*Ethmalosa fimbriata* bowdich, *Sardinella eba* CV, *Sardinella aurita* CV). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 22(3), 303-321.
- Masharabu, T., Noret, N., Lejoly, J., Bigendako, M. J., & Bogaert, J. (2010). Étude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop*, 34, 29-44.
- Morou, B., Ounani, H., Oumani, A. A., Diouf, A., Guero, C., & Mahamane, A. (2016). Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3), 1295-1311.
- Moumouni, Y. I., Imorou, I. T., & Moussa, A. D. (2019). Caractérisation de la Dégradation à Travers la Diversité Floristique et la Structure de la Végétation dans le Bassin Moyen de la Sota au Nord-Bénin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 18(1), 53-70.
- Moussa, S., Kyereh, B., Tougiani, A., Kuyah, S., & Saadou, M. (2019). West African Sahelian cities as source of carbon stocks : Evidence from Niger. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101653.
- Mustapha, S. B., Larouche, P., & Dubois, J. M. (2016). Spatial and temporal variability of sea-surface temperature fronts in the coastal Beaufort Sea. *Continental Shelf Research*, 124, 134-141.
- Oumarou, M. B., Shodiya, S., Ngala, G., & Aviara, N. (2016). Statistical modelling of the energy content of municipal solid wastes in Northern Nigeria. *Arid zone journal of engineering, technology and environment*, 12, 103-109.
- Pielou, E. C. (1969). An introduction to mathematical ecology.
- Rabiou, H., Inoussa, M. M., Bakasso, Y., Diouf, A., Mamoudou, M. B., Mahamane, A., ... & Lykke, A. M. (2014). Structure de la population de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. Ex Poir suivant la toposéquence dans la commune de Simiri (Niger). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(3), 3657-3669.
- Rabiou, H., Mahamane, M., & Issaharou, I. (2019). Impact de L'installation des Camps des Réfugiés, Retournés et Déplacés sur L'exploitation des Ressources Ligneuses dans la Région de Diffa. *European Scientific Journal*, 15(36), 1857-7881.
- Rakotomalaza, P. J., & McKnight, M. E. G. H. A. N. E. (2006). Étude de la variation de la structure et de la composition floristique de la forêt des Mikea du sudouest de Madagascar. *Phelsuma*, 14, 13-36.
- Ramade, F. (1994). Qu'entend-t-on par Biodiversité et quels sont les

- problématiques et les problèmes inhérents à sa conservation ? *Bulletin de la Société entomologique de France*, 99(1), 7-18.
- Razik, M. S. A. (2008). Plant Diversity Changes in Response to Environmental Drivers and Pressures at El Omayed "ROSELT/OSS" Observatory, Egypt. In *The Future of Drylands: International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research Tunis, Tunisia, 19-21 June 2006* (pp. 289-309). Springer Netherlands.
- Ridder, N., Breman, H., van Keulen, H., & Stomph, T. J. (2004). Revisiting a 'cure against land hunger': soil fertility management and farming systems dynamics in the West African Sahel. *Agricultural systems*, 80(2), 109-131.
- Rioux, J. A., Akalay, O., Perrieres, J., Dereure, J., Mahjour, J., Le Houérou, H. N., ... & Nachi, H. (1997). L'évaluation écoépidémiologique du « risque leishmanien » au Sahara atlantique marocain. Intérêt heuristique de la relation « Phlébotomes-bioclimats ». *Ecologia mediterranea*, 23(3), 73-92.
- Rondeux, J. (2021). *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Presses agronomiques de Gembloux.
- Saadou, M. (1998). Evaluation de la biodiversité biologique au Niger : Eléments constitutifs de la biodiversité végétale. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable SE/ CNEDD. Projet NER/ 97 / G 31 / A / 1 G / 99 "Stratégie Nationale et plan d'action – Diversité Biologique". Niger
- Saadou, M., & Garba, M. (1997). Etude sur l'intégration des objectifs nutritionnels de la foresterie dans la sécurité alimentaire au Niger. *Rapport intermédiaire*. FAO, UAM, Niamey, Niger. 56p.
- Salette, J. E. (1970). Nitrogen use and intensive management of grasses in the wet tropics.
- Sandjo, A. N., Moutari, S., & Gningue, Y. (2015). Solutions of fourth-order parabolic equation modeling thin film growth. *Journal of Differential Equations*, 259(12), 7260-7283.
- Segla, N. K., Rabiou, H., Adjonou, K., Moussa, B. M., Saley, K., Radji, R. A., & Kokou, K. (2016). Population structure and minimum felling diameter of *Pterocarpus erinaceus* Poir in arid and semi-arid climate zones of West Africa. *South African Journal of Botany*, 103, 17-24.
- Sonke, B. (1998). Études floristiques et structurales des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles (Belgique).
- Soulama, S., Kadeba, A., Nacoulma, B. M., Traoré, S., Bachmann, Y., & Thiombiano, A. (2015). Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences*, 87, 8047-8064.
- Souley, M. H. I., Saley, K., Chaibou, I., Moussa, B. M., Mahamane, A., & Saadou, M. (2018). Diversité inter décennale de la végétation de la vallée de Goulbi n'kaba. *European scientific journal*, 14(9), 161-183.
- Souley, M., Vu, M. N., & Armand, G. (2022). 3d modelling of excavation-induced anisotropic responses of deep drifts at the meuse/haute-marne url. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 55(7), 4183-4207.

- Soumana, D., Soumana, I., Mahamane, A., Mahamane, S., Karimou, A., Aboubacar, I., & Zakara, G. (2011). Restauration de plages nues d'une brousse tachetée au Niger. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 7(1).
- Spatharis, S., Roelke, D. L., Dimitrakopoulos, P. G., & Kokkoris, G. D. (2011). Analyzing the (mis) behavior of Shannon index in eutrophication studies using field and simulated phytoplankton assemblages. *Ecological indicators*, 11(2), 697-703.
- Suquet, M., Rochet, M. J., & Gaignon, J. L. (2005). Experimental ecology: A key to understanding fish biology in the wild. *Aquatic Living Resources*, 18(3), 251-259.
- Tankoano, B. (2017). *Contribution de la télédétection et des Systèmes d'Informations Géographiques à l'évaluation de l'impact des activités humaines sur la couverture végétale : cas du Parc National des Deux Balé (PNDB), à l'Ouest du Burkina Faso* (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université Nazi Boni (Burkina Faso)).
- Tchamie, T. K. T., & Bouraïma, M. (1997). Les formations végétales du Plateau Soudou-Dako dans la chaîne de l'Atakora et leur évolution récente (Nord Togo). *Le Journal de Botanique*, 3(1), 83-94.
- Van der Maarel, E. (2005). Vegetation ecology—an overview. *Vegetation ecology*, 3, 1-51.
- Whitmore, T. C. (1990). *An introduction to tropical rain forests* (pp. xi+-226).