

Research Article

Diversité floristique, composition et structures des formations végétales dans les provinces du Guéra, du Batha et du Hadjer-Lamis au Tchad : État des lieux et enjeux écologiques

Floristic Diversity, Composition, and Structures of Plant Formations in the Provinces of Guéra, Batha, and Hadjer-Lamis in Chad: Current Status and Ecological Issues

Gaiwa Daakreo

National Research Center for Development (CNRD), P.O. Box 1228, N'Djamena, Chad
Email: gaiwa.yvonne@gmail.com

Received: October 06, 2025

Accepted: October 27, 2025

Published: November 03, 2025

Résumé

Les pratiques actuelles de surpâturage et de récolte intensive de bois contribuent à la réduction progressive de la couverture végétale et à la perturbation de l'équilibre écologique. La forte demande en produits végétaux exerce une pression croissante sur les ressources forestières, menaçant ainsi la pérennité de la couverture ligneuse. Malgré les risques évidents de perte de biodiversité dans cette zone, aucune base de données fiable n'existe à ce jour pour évaluer l'ampleur de la dégradation floristique, ce qui compromet la mise en place d'un suivi efficace de la dynamique végétale. L'objectif de cette étude est d'évaluer la composition floristique, la diversité et la structure des espèces ligneuses dans trois provinces : Guéra, Batha et Hadjer-Lamis. Au total, 74 espèces ligneuses réparties en 43 genres et 21 familles ont été recensées. Les Mimosaceae, dominées par *Acacia seyal* et *Dichrostachys glomerata*, représentent le groupe taxonomique le plus important. La richesse spécifique observée demeure inférieure à celle enregistrée dans d'autres régions du Tchad, en raison des conditions écologiques contraignantes et des pressions anthropiques persistantes. La densité des peuplements varie fortement d'un site à l'autre (de 4 à 262 individus/ha), reflétant des contrastes marqués entre les zones à régénération active (Temki, Djogolo) et les zones dégradées (Bokoro, Tersef, Am-Ndjamena), où la végétation est appauvrie et tend vers une homogénéisation floristique. Quatorze espèces prioritaires ont été identifiées pour leur valeur économique, médicinale et nutritionnelle, confirmant le rôle central des ligneux dans la sécurité alimentaire et la résilience des communautés rurales. Toutefois, la surexploitation de ces ressources accentue la raréfaction des espèces à forte valeur utilitaire, menaçant leur régénération naturelle. Ces résultats mettent en évidence l'urgence d'une gestion durable des ressources ligneuses, fondée sur une combinaison entre conservation, restauration écologique et valorisation des savoirs locaux, afin de renforcer la résilience des écosystèmes face aux changements climatiques.

Mots-clés : Composition Floristique, Diversité, Espèces Ligneuses, Formations Végétales, Tchad.

Abstract

Current practices of overgrazing and intensive timber harvesting are contributing to the gradual reduction of vegetation cover and the disruption of ecological balance. Strong demand for plant products is putting increasing pressure on forest resources, threatening the sustainability of woody cover. Despite the obvious risks of biodiversity loss in this area, no reliable database currently exists to assess the extent of floristic degradation, which compromises the implementation of effective monitoring of plant dynamics. The objective of this study is to assess the floristic composition, diversity, and structure of woody species in three provinces: Guéra, Batha, and Hadjer-Lamis. A total of 74 woody species divided into 43 genera and 21 families were recorded. The Mimosaceae, dominated by *Acacia seyal* and *Dichrostachys glomerata*, represent the largest taxonomic group. The species richness observed remains lower than that recorded in other regions of Chad, due to restrictive ecological conditions and persistent anthropogenic pressures. Stand density varies greatly from one site to another (from 4 to 262 individuals/ha), reflecting marked contrasts

between areas of active regeneration (Temki, Djogolo) and degraded areas (Bokoro, Tersef, Am-Ndjamena), where vegetation is impoverished and tends towards floristic homogenization. Fourteen priority species have been identified for their economic, medicinal, and nutritional value, confirming the central role of woody plants in food security and the resilience of rural communities. However, overexploitation of these resources is exacerbating the scarcity of species with high utility value, threatening their natural regeneration. These findings highlight the urgent need for sustainable management of woody resources, based on a combination of conservation, ecological restoration, and the promotion of local knowledge, in order to strengthen the resilience of ecosystems in the face of climate change.

Keywords: Floristic Composition, Diversity, Woody Species, Plant Formations, Chad.

Introduction

Le Tchad, à l'instar des autres pays sahéliens, fait face depuis plusieurs années à des problèmes environnementaux résultant à la fois des déficits pluviométriques et des activités anthropiques. Ces facteurs ont provoqué une dégradation progressive des ressources naturelles, au point que l'absence d'actions correctives pourrait menacer la survie des populations (Guihini *et al.*, 2021). En effet, les pressions humaines entraînent une détérioration des ressources naturelles (Ndong *et al.*, 2015) et une augmentation de la demande en produits végétaux (Renaudin *et al.*, 2011). La satisfaction de ces besoins croissants en produits ligneux a contribué à la destruction des boisements naturels (FAO, 2012). Malgré l'importance de ces enjeux, les connaissances sur la flore des provinces du Guéra, Batha et Hadjer-Lamis restent encore sommaires. Sous l'effet des pressions anthropiques, de nombreuses espèces ont disparu, d'autres sont menacées, et le paysage naturel est profondément transformé, où cohabitent ligneux, cultures et animaux (Mahamane, 1997; Larwanou, 2005). Le manque de données fiables sur la végétation compromet tout suivi écologique efficace et durable de la biodiversité.

Cette situation justifie la réalisation d'études sur la végétation ligneuse, afin d'évaluer la composition floristique, la diversité et la structure des ligneux, et de faciliter une gestion durable de ces ressources au profit des populations locales. La présente étude vise à caractériser systématiquement les ligneux des formations végétales, dans le but d'analyser les liens éventuels entre les paramètres de diversité et de structure en réponse aux facteurs écologiques. De manière spécifique, cette étude cherche à connaître la composition floristique des peuplements ligneux ; déterminer la structure horizontale et verticale de ces peuplements ; évaluer la diversité spécifique et les paramètres de distribution des espèces et identifier les espèces menacées et prioritaires pour la conservation et la gestion durable.

Cette étude contribuera à renforcer les connaissances sur les paysages végétaux, à fournir des informations actualisées sur la biodiversité et à orienter les stratégies de gestion et de conservation des ressources ligneuses. Elle permettra également d'analyser la dynamique de la biodiversité végétale, essentielle pour la résilience écologique et la sécurité des populations rurales.

Matériels et Méthodes

Sites de l'étude :

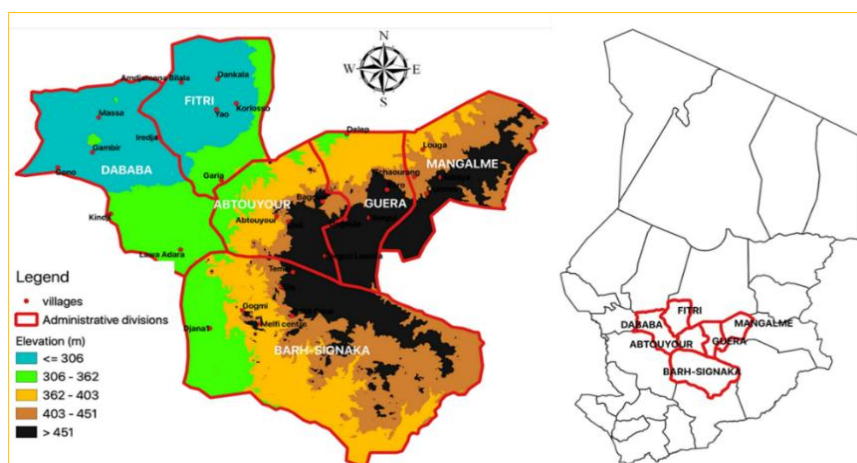


Figure 1. Carte de la zone d'étude.

L'étude a été conduite dans trois provinces du Tchad : Guéra, Batha et Hadjer-Lamis. Cette région se situe dans une zone dont les isohyètes varient entre 300 et 800 mm. Les sols y sont principalement des

ferrugineux tropicaux sableux et argileux, pauvres en matière organique, et la végétation est dominée par la savane arbustive. Les précipitations y présentent une forte irrégularité, tant sur le plan spatial que temporel. Les systèmes de production dans cette zone combinent une agriculture pluviale et un élevage transhumant, reflétant l'adaptation des communautés locales aux contraintes climatiques et pédologiques.

Méthodologie

La collecte des données a été réalisée entre février et avril 2025, période optimale pour l'évaluation des paysages dans la zone sahélienne. Huit sites ont été sélectionnés et caractérisés : Amdjamena, Tersef, Bokoro, Melfi, Temki, Chialo, Djogolo et Mangalme. Chaque site couvre une superficie de 10 km², subdivisée en 16 clusters, au sein desquels 10 parcelles d'observation de 1 000 m² chacune a été réparties de manière aléatoire.

Au total, 1 280 parcelles d'observation ont été étudiées, soit 160 parcelles par site. Chaque parcelle est elle-même subdivisée en 4 sous-parcelles : une au centre et trois disposées autour, à 120° du centre. La parcelle principale possède un rayon de 17,84 m, correspondant à une superficie de 0,1 ha, tandis que chaque sous-parcelle, dont le centre se situe à 12,2 m du centre de la parcelle principale, a un rayon de 5,64 m, soit une superficie de 0,01 ha. Cette méthodologie permet une couverture spatiale exhaustive et une caractérisation précise de la végétation ligneuse sur l'ensemble des sites étudiés.

Inventaires des ligneux

L'inventaire des plantes ligneuses a consisté à caractériser chaque parcelle d'échantillonnage et à collecter des données sur la densité des arbres et arbustes, la structure et la composition floristique, ainsi que sur l'historique et les usages des terres et la couverture végétale. Les arbustes (1,5–3 m de hauteur) et les arbres (hauteur > 3 m) ont été comptés dans chaque sous-parcelle pour le calcul de la densité. La distribution spatiale de la végétation a été déterminée à l'aide de la méthode du T-carré (Krebs, 1989), en mesurant les distances : point-arbre, point-arbuste, arbre-arbre et arbuste-arbuste dans chaque sous-parcelle.

Les paramètres dendrométriques mesurés comprennent : le diamètre à hauteur de poitrine (DBH, 1,30 m), la hauteur des arbres ainsi que la longueur et la largeur des arbustes. Pour les individus multi-culés, la touffe a été considérée comme un seul individu, et seules les tiges dominantes ont été mesurées. La hauteur des arbres supérieurs à 3 m a été estimée à l'aide d'un jalon gradué de 3 m, tandis que la circonférence du tronc a été mesurée à 1,30 m au-dessus du sol. Cette méthodologie permet d'obtenir des données précises sur la structure, la densité et la répartition spatiale des ligneux, essentielles pour l'évaluation écologique et la gestion durable des ressources forestières.

Mesures des indices de végétation

Les espèces végétales trouvées dans chaque site ont été décrits et caractérisées en termes de richesse, famille de plantes, indices de Shannon, indices de Simpson, équitabilité de Pielou, index de Margalef, coefficient générique, densité absolue et diversité des arbres.

Densité absolue

Cet indice indique la valeur moyenne du nombre d'individu de l'espèce par unité d'échantillon. Elle a pour but de nous donner un aperçu plus détaillé de la distribution des espèces sur l'étendue des huit (8) sites. Elle s'énonce comme suit : $Da = \frac{n_i}{M}$

Ou Da représente la densité absolue ; n_i le nombre d'individus de l'espèce ; M la superficie totale des unités échantillonnées. Spécifiquement dans le cadre de cette étude la superficie de base considérée est le point de 1000 m² soit 0,1 ha tandis que chaque site regorge 160 points d'observations ce qui équivaut à 16 ha échantillonnés par site. Les indices de diversité traduisent la diversité végétale. L'intérêt de leur calcul est qu'ils permettent une meilleure conservation de la nature et une surveillance environnementale. Ces derniers aident dans la prise de décision en matière de détermination des mesures à entreprendre pour un meilleur aménagement des paysages.

Indice de Shannon-Wiener

La diversité Alpha permet d'évaluer le poids de l'espèce dans l'occupation du sol en utilisant l'indice de diversité de Shannon-Wiener. Cet indice varie en fonction du nombre d'espèces présentes. Il est d'autant plus élevé qu'un grand nombre d'espèces participe dans l'occupation du sol. Il s'exprime en bits par individu et varie de la plus faible diversité (0 bit) à la plus élevée (4,5 bits). La formule utilisée est la suivante : $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$

Où : P_i = proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce, abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $P_i = \frac{n_i}{N}$ (valeurs comprises entre 0 et 1) ; S = nombre total d'espèces ; n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ; N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon ; $\log_2$: le logarithme à base 2.

Équitabilité de Piélou

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Piélou : l'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). $E = \frac{H'}{\log_2 S}$ Où : S = nombre total d'espèces. L'équitabilité de Piélou élevée est le signe d'un peuplement équilibré. Par contre les valeurs faibles correspondent à la présence d'un nombre élevé d'espèces rares ou d'un petit nombre d'espèces dominantes.

Inoussa *et al.*, (2013) propose pour :

- ✧ $E \in [0 ; 0,6]$, équitabilité de Piélou faible, présence de dominance d'espèce ;
- ✧ $E \in [0,7 ; 0,8]$, équitabilité de Piélou moyenne ;
- ✧ $E \in [0,8 ; 1]$, équitabilité de Piélou élevée, absence de dominance.

Index de Margalef

Cet index porte sur la richesse spécifique d'une zone inventoriée, il s'énonce suivant la formule ci-après : $D = \frac{(S-1)}{\ln N}$ Avec : N = nombre d'individus recensés ; S = nombre total d'espèces recensées. Plus l'indice est élevé plus la diversité est grande.

Coefficient générique

Ce coefficient encore connu sous le nom de diversité générique permet d'affirmer si une flore est diversifiée ou non. Une flore est diversifiée lorsqu'elle renferme moins de grands genres plurispécifiques. Ainsi le coefficient générique (CG) est le rapport entre le nombre de genre et celui des espèces. $CG = \frac{\text{Nombre de genres}}{\text{Nombre d'espèce}} \times 100$

Analyse des données

Des méthodes d'analyse standard ont été utilisées pour évaluer les similarités, la diversité et l'uniformité des espèces entre les sites ainsi que selon les classes de structure de la végétation. La diversité spécifique a été quantifiée à l'aide de différents indices de diversité. Les différences dans la structure et la composition floristique entre les sites ont été testées par une analyse de variance à un facteur (ANOVA), avec un niveau de signification de 5 %. Pour les variables présentant des différences significatives, une analyse post-hoc a été effectuée en utilisant le test de la différence honnêtement significative (HSD) de Tukey. Cette approche statistique permet d'identifier de manière rigoureuse les variations de composition et de structure des communautés ligneuses entre les différents sites étudiés.

Résultat

Composition spécifique

L'inventaire floristique stratifié mené sur l'ensemble des huit sites a permis de recenser un total de 6 409 individus, répartis entre 4 886 arbres et 1 622 arbustes, appartenant à 74 espèces, 43 genres et 21 familles (Figure 2). Les résultats révèlent une domination nette des Mimosaceae, représentées principalement par *Acacia seyal* et *Dichrostachys glomerata*, suivies des familles Anacardiaceae, Zygophyllaceae, Combretaceae et Rhamnaceae. Des variations spécifiques notables sont observées d'un site à l'autre. Ainsi, le site de Tersef est codominé par *Acacia seyal* et *Leptadenia pyrotechnica*, tandis que celui de Temki présente une codomination entre *Acacia seyal* et *Dichrostachys glomerata*. Sur le plan taxonomique, Temki affiche une diversité floristique inférieure à celle du site de Melfi, où plusieurs taxons se partagent la couverture végétale, notamment *Dichrostachys glomerata*, *Anogeissus leiocarpus*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia seyal* et *Piliostigma reticulatum*. Le site d'Am-Ndjamena se distingue, quant à lui, par une domination exclusive de *Balanites aegyptiaca*.

Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence une forte hétérogénéité de la composition floristique entre les sites, traduisant à la fois des différences écologiques locales et l'impact variable des pressions anthropiques exercées sur ces écosystèmes.

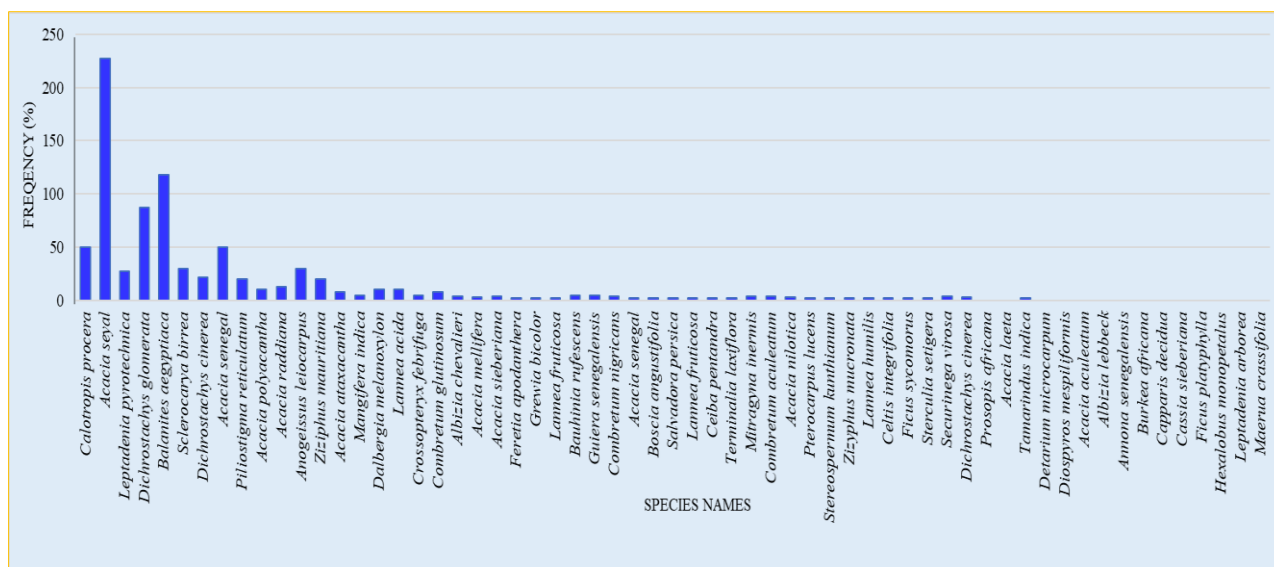


Figure 2. Espèces de la zone d'étude.

Densité relative

La distribution spatiale des taxons met en évidence une forte variation de la densité spécifique des espèces entre les différents sites. Le site de Temki présente la densité la plus élevée avec 262 individus/ha, suivi de Djogolo (191 ind./ha), Melfi (141 ind./ha) et Mangalme (134 ind./ha). À l'inverse, les densités les plus faibles sont enregistrées à Tersef (9 ind./ha) et Bokoro (4 ind./ha) (Figure 3). Concernant les arbustes, la tendance observée est similaire. Le site le plus dense est également Temki (172 ind./ha), suivi de Djogolo (100 ind./ha), Chialo (89 ind./ha) et Mangalme (83 ind./ha). Les densités arbustives les plus faibles sont notées à Am-Ndjamena (9 ind./ha) et Tersef (2 ind./ha).

Sur le plan structural, la zone de Temki se distingue par la présence des arbres les plus hauts, traduisant une bonne maturité du peuplement. À Mangalme, la régénération naturelle apparaît relativement bonne, comme en témoigne le rapport élevé entre la densité arbustive et la densité arborée. La distribution spatiale et la diversité floristique sont fortement influencées par la nature des sols. Les sites de Temki, Djogolo, Melfi et Mangalme sont dominés par des formations boisées, tandis que Bokoro et Chialo sont principalement couverts de formations arbustives. Les deux autres sites, Am-Ndjamena et Tersef, sont caractérisés par la prédominance de formations herbeuses.

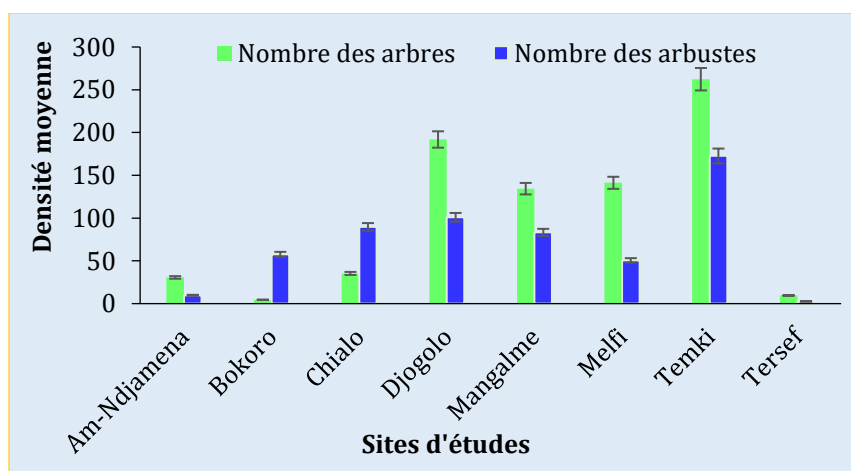


Figure 3. Densités moyennes des arbres et arbustes.

Densités moyennes par type de formation végétale

En termes de structure de la végétation, la densité la plus élevée est observée dans les formations végétales buissonnantes, avec 410,25 individus/ha, suivie des formations boisées qui présentent une densité moyenne de 310,76 individus/ha. Les densités les plus faibles sont enregistrées dans les formations à strates herbacées et les terres cultivées, avec respectivement 26,24 individus/ha et 47,06 individus/ha (Figure 4). Ces résultats traduisent clairement l'impact des facteurs anthropiques sur la structure et la dynamique de la

végétation. Une analyse plus approfondie de la figure montre que les activités humaines, exercées pour répondre aux besoins socio-économiques, exercent une pression croissante sur les écosystèmes naturels. Des pratiques telles que l'agriculture extensive, le surpâturage, les feux de brousse et la coupe non contrôlée du bois contribuent significativement à la dégradation des formations forestières, se manifestant notamment par une réduction de la densité végétale.

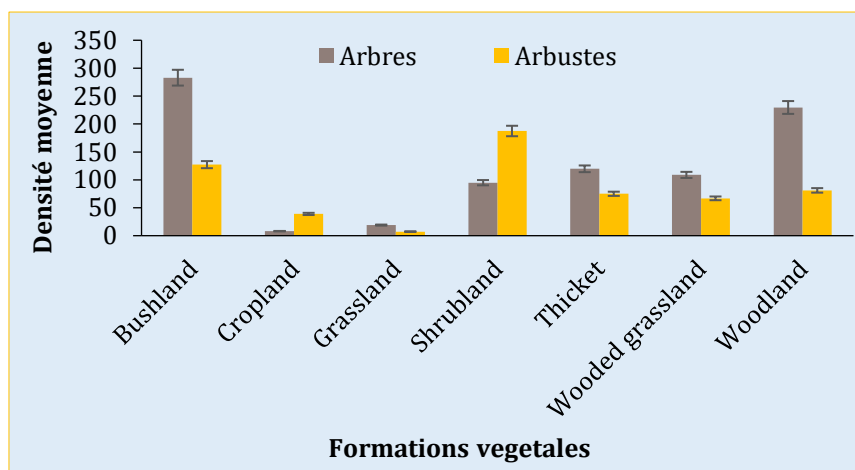


Figure 4. Densités moyennes par type de formation végétale.

Structure verticale et horizontale des ligneux

Aucune différence significative n'a été observée entre les hauteurs moyennes des arbres dans les huit sites étudiés. Cette homogénéité peut s'expliquer par la nature des espèces présentes, les caractéristiques pédologiques et l'influence des activités anthropiques.

En revanche, les diamètres moyens des arbres varient significativement d'un site à l'autre. Les sites de Bokoro et d'Am-Ndjamena se distinguent par des valeurs moyennes nettement supérieures à celles des autres sites, soit 22,31 cm et 18,24 cm, respectivement (Tableau 1). Ces deux sites sont dominés par des arbres de grande taille, mais présentent une faible richesse spécifique.

Le site d'Am-Ndjamena se caractérise également par une faible densité en individus, ce qui constitue une contrainte majeure pour les interventions visant la régénération naturelle. À l'inverse, le site de Bokoro présente une proportion élevée de jeunes tiges par rapport aux arbres adultes, traduisant de bonnes potentialités de régénération naturelle de la flore locale.

Tableau 1. Moyennes des paramètres des arbres par site sentinelle.

Site	Hauteurs moyennes des arbres (m)	Diamètre à hauteur de la poitrine (cm)
Amndjamena	5.39	18.24
Bokoro	5.99	22.31
Chialo	4.74	4.17
Djogolo	6.60	12.34
Mangalme	4.96	6.44
Melfi	8.71	9.52
Temki	7.21	10.40
Tersef	4.79	3.58

Une analyse approfondie des paramètres dendrométriques des espèces arborées et arbustives dans l'ensemble de la zone d'étude a été réalisée. Les résultats montrent que les espèces les plus hautes sont *Prosopis africana* (13,33 m) et *Ceiba pentandra* (10,30 m). Les plus grands diamètres moyens à hauteur de poitrine (DHP) sont observés chez *Ficus sycomorus* (26,82 cm), *Sterculia setigera* (24,25 cm), *Prosopis africana* et *Tamarindus indica* (22,10 cm).

Par ailleurs, une corrélation positive forte a été mise en évidence entre la hauteur des arbres et leur diamètre à hauteur de poitrine, indiquant une forte probabilité d'observer des individus de grande taille associés à de grands diamètres (Tableau 2).

Tableau 2. Moyennes des paramètres des espèces d'arbres dans la zone d'étude.

N°	Liste des arbres	Hauteurs moyennes des arbres (m)	Diamètre à hauteur de la poitrine (cm)
1.	<i>Acacia aculeatum</i>	3.30	0.71
2.	<i>Acacia ataxacantha</i>	4.64	1.08
3.	<i>Acacia laeta</i>	4.44	2.21
4.	<i>Acacia macrostachya</i>	3.90	1.80
5.	<i>Acacia mellifera</i>	4.59	2.34
6.	<i>Acacia nilotica</i>	5.38	5.34
7.	<i>Acacia polyacantha</i>	5.84	3.92
8.	<i>Acacia raddiana</i>	7.00	8.13
9.	<i>Acacia senegal</i>	5.00	3.69
10.	<i>Acacia seyal</i>	6.08	3.31
11.	<i>Acacia sieberiana</i>	6.47	6.93
12.	<i>Albizia chevalieri</i>	6.12	4.80
13.	<i>Albizia lebbeck</i>	5.90	3.96
14.	<i>Anecardus leocarpus</i>	8.28	8.22
15.	<i>Annona senegalensis</i>	3.70	2.74
16.	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	8.38	7.20
17.	<i>Balanites aegyptiaca</i>	5.55	5.82
18.	<i>Bauhinia rufescens</i>	4.29	3.57
19.	<i>Boscia angustifolia</i>	4.68	8.67
20.	<i>Burkea africana</i>	6.10	7.61
21.	<i>Calotropis procera</i>	3.28	2.29
22.	<i>Capparis decidua</i>	4.47	5.38
23.	<i>Cassia sieberiana</i>	4.00	1.32
24.	<i>Ceiba pentandra</i>	10.31	7.86
25.	<i>Celtis integrifolia</i>	4.01	2.47
26.	<i>Combretum aculeatum</i>	3.94	1.80
27.	<i>Combretum glomerata</i>	4.65	3.75
28.	<i>Combretum glutinosum</i>	5.96	5.09
29.	<i>Combretum nigricans</i>	3.99	2.30
30.	<i>Combretum nigricans</i>	3.55	1.72
31.	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	4.63	4.79
32.	<i>Dalbergia melanoxydon</i>	4.76	3.18
33.	<i>Detarium microcarpum</i>	5.13	5.48
34.	<i>Dichrostachys cinerea</i>	5.47	4.94
35.	<i>Dichrostachys glomerata</i>	3.69	1.60
36.	<i>Diospyros mespiliformis</i>	6.00	7.25
37.	<i>Dichrostachys cinerea</i>	8.55	9.03
38.	<i>Feretia apodanthera</i>	3.87	2.03
39.	<i>Ficus platyphylla</i>	9.00	10.45
40.	<i>Ficus sycomorus</i>	8.24	26.82
41.	<i>Grewia bicolor</i>	4.56	2.42
42.	<i>Guiera senegalensis</i>	3.79	1.67
43.	<i>Hexalobus monopetalus</i>	3.8	2.94
44.	<i>Lannea acida</i>	4.43	3.02
45.	<i>Lannea fruticosa</i>	5.69	4.74
46.	<i>Lannea humilis</i>	5.82	4.08
47.	<i>Leptadenia arborea</i>	3.2	0.81
48.	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	3.5	2.02
49.	<i>Maerua crassifolia</i>	4.1	5.48
50.	<i>Mangifera indica</i>	4.41	4.33
51.	<i>Mitragyna inermis</i>	6.08	5.58
52.	<i>Myrtaceae</i>	3.55	1.62
53.	<i>Piliostigma reticulatum</i>	4.06	2.97
54.	<i>Polygonum sp</i>	5.35	6.90

55.	<i>Prosopis africana</i>	13.33	22.14
56.	<i>Pterocarpus lucens</i>	6.21	5.71
57.	<i>Salvadora persica</i>	6.07	8.93
58.	<i>Sclerocarya birrea</i>	8.79	11.06
59.	<i>Securinega virosa</i>	3.61	1.15
60.	<i>Sterculia setigera</i>	7.86	24.25
61.	<i>Stereospermum kunthianum</i>	4.92	4.21
62.	<i>Tamarindus indica</i>	8.55	22.10
63.	<i>Terminalia laxiflora</i>	6.09	6.58
64.	<i>Ziziphus mauritiana</i>	4.16	2.40
65.	<i>Zizyphus mucronata</i>	4.37	2.67

Chez les arbustes, le genre *Acacia* domine nettement l'ensemble des autres genres en termes de paramètres de croissance tels que la hauteur, la longueur et la largeur. Ces espèces présentent un fort potentiel d'adaptation, leur permettant de mieux résister aux pressions anthropiques et aux contraintes naturelles (Tableau 3). Par ailleurs, les paramètres de croissance des arbustes sont fortement influencés par les activités humaines, notamment l'élevage extensif et les pratiques agricoles, qui modifient la structure et la dynamique de la végétation.

Tableau 3. Moyennes des paramètres des espèces d'arbuste dans la zone d'étude.

N°	Liste des arbustes	Hauteur moyenne	Longueur moyenne	Largeur moyenne
1.	<i>Acacia ataxacantha</i>	2.44	2.76	2.62
2.	<i>Acacia laeta</i>	2.60	3.90	3.70
3.	<i>Acacia nilotica</i>	1.73	1.86	1.28
4.	<i>Acacia senegal</i>	2.16	2.48	1.98
5.	<i>Acacia seyal</i>	2.09	2.13	1.53
6.	<i>Acacia siberiana</i>	2.90	0.75	0.70
7.	<i>Acacia sp</i>	2.45	3.10	2.67
8.	<i>Albizia chevalieri</i>	2.25	0.99	0.79
9.	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	2.06	1.62	1.31
10.	<i>Balanites aegyptiaca</i>	2.06	1.88	1.57
11.	<i>Bauhinia rufescens</i>	1.90	3.10	2.65
12.	<i>Boscia senegalensis</i>	1.84	2.88	2.52
13.	<i>Calotropis procera</i>	2.14	2.62	2.20
14.	<i>Capparis decidua</i>	1.85	2.40	1.60
15.	<i>Ceiba pentandra</i>	2.00	0.43	0.37
16.	<i>Combretum aculeatum</i>	1.91	2.61	1.81
17.	<i>Combretum glutinosum</i>	2.05	7.47	5.99
18.	<i>Combretum nigricans</i>	1.87	0.47	0.30
19.	<i>Crossopteryx febrifuga</i>	2.09	1.84	0.91
20.	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	2.44	2.22	1.69
21.	<i>Dichrostachys cinerea</i>	2.07	1.87	1.21
22.	<i>Dichrostachys glomerata</i>	2.11	1.86	1.40
23.	<i>Feretia apodanthera</i>	2.20	3.13	2.59
24.	<i>Grewia villosa</i>	2.08	1.71	1.06
25.	<i>Guiera senegalensis</i>	1.91	1.86	1.43
26.	<i>Lannea acida</i>	2.06	2.07	1.50
27.	<i>Lannea fruticosa</i>	1.85	0.93	0.85
28.	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	2.36	2.65	1.98
29.	<i>Mitragyna inermis</i>	2.11	2.40	1.55
30.	<i>Piliostigma reticulatum</i>	2.11	2.11	1.69
31.	<i>Piliostigma thonningii</i>	1.85	0.85	0.68
32.	<i>Psidium guajava</i>	2.30	2.76	2.12
33.	<i>Sclerocarya birrea</i>	2.30	2.26	1.97
34.	<i>Securinega virosa</i>	2.35	3.92	3.45
35.	<i>Stereospermum kunthianum</i>	2.10	0.45	0.38

36.	<i>Tamarindus indica</i>	2.32	1.79	1.28
37.	<i>Terminalia laxiflora</i>	2.16	2.06	1.71
38.	<i>Ziziphus mauritiana</i>	2.08	2.47	1.81

Distribution des ligneux par classe des hauteurs

La classe de hauteur moyenne comprise entre [3 et 7 m[est la plus représentée, avec 3 867 individus recensés dans l'ensemble des huit sites, suivie de la classe [7 et 11 m[, qui compte 868 individus. La distribution des individus par classe de hauteur présente une courbe en « L », caractérisée par une diminution progressive du nombre d'individus à mesure que la hauteur augmente (Figure 5). Cette structure traduit une forte pression exercée sur la végétation, notamment par les coupes répétées de bois, qui entravent la régénération naturelle et ne permettent pas aux peuplements d'atteindre des stades de développement avancés. Cette tendance est également observée dans la distribution du nombre de tiges arbustives, où les individus sont principalement concentrés dans la classe [1,5 à 2 m[(Figure 5). Ces résultats révèlent la présence d'un grand nombre de jeunes plantules de moins de deux mètres de hauteur, conséquence directe de l'intensité des prélèvements de bois, combinée aux feux de brousse non contrôlés et aux pratiques pastorales. Ces pressions anthropiques constituent les principaux facteurs expliquant la structure en « L » caractéristique des formations savanicoles.

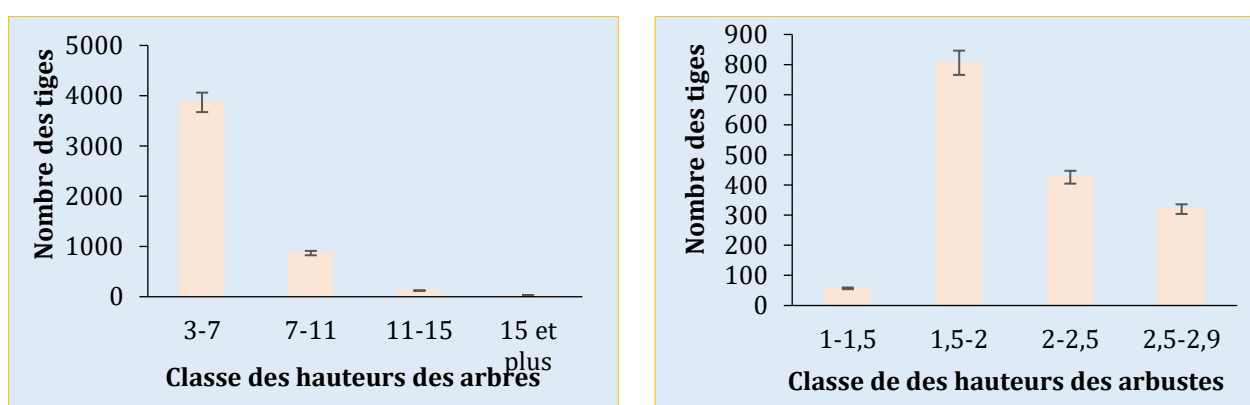


Figure 5. Distribution des arbres et arbustes par classe des hauteurs.

Distribution des ligneux par classe des diamètres

La distribution des individus par classes de diamètre présente une variation marquée d'une classe à l'autre. La Figure 6 montre que la classe de diamètre [30–40 cm [est la plus représentée, avec plus de 1000 individus, suivie de la classe des diamètres supérieurs à 60 cm, qui compte environ 960 individus. À l'inverse, les classes de petits diamètres sont faiblement représentées. La distribution obtenue est de type « erratique », ne suivant aucune loi statistique classique : ni une distribution exponentielle, ni une distribution normale en cloche. De manière générale, les espèces sont peu représentées dans les petites classes de diamètre, traduisant une structure déséquilibrée des peuplements. Cette situation reflète une perturbation significative de la biodiversité, attribuable à la combinaison de plusieurs facteurs : anthropiques (coupes de bois, surpâturage, agriculture), climatiques (sécheresses récurrentes), naturels (dynamique écologique) et spatiaux (conditions édaphiques et localisation des peuplements).

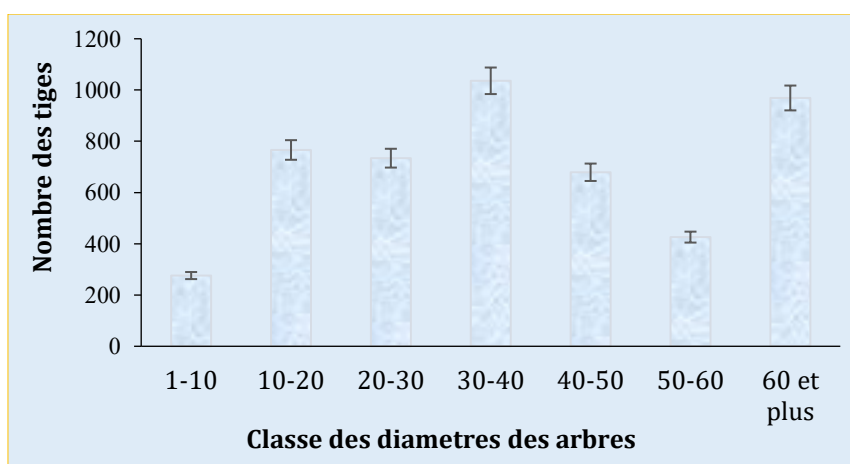


Figure 6. Distribution des arbres par classe de diamètre.

Richesse spécifique

Le site de Melfi présente la plus grande richesse spécifique, avec 49 espèces recensées, suivi de Mangalme avec 25 espèces et de Djogolo avec 21 espèces. Les sites les plus pauvres en espèces sont Tersef, qui ne compte que 9 espèces, ainsi qu'Am-Ndjamena et Bokoro, avec 11 espèces chacune (Figure 7).

Dans les régions arides et semi-arides, les tendances actuelles indiquent une régression des espèces pérennes ou à cycle long, au profit des plantes annuelles ou à cycle court, plus adaptées aux conditions de stress. Ainsi, la composition floristique des sites étudiés varie sensiblement d'un site à l'autre, sous l'influence combinée de facteurs naturels, physiques (types de sols, topographie) et anthropiques (exploitation des ressources, pratiques culturelles). Cette variabilité se traduit par des similitudes partielles entre certains sites, mais également par des différences floristiques significatives.

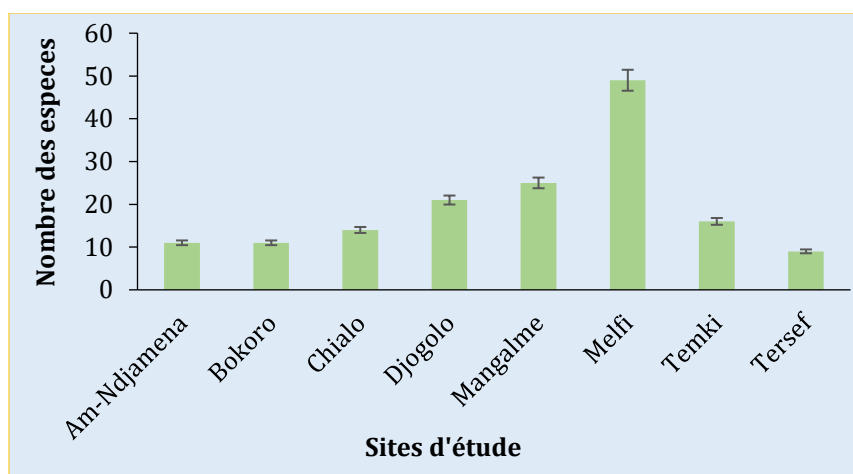


Figure 7. Richesses des espèces par site sentinelle.

Analyse descriptive des indices de diversité

Les indices de diversité mettent en évidence une forte variation dans la distribution et la composition floristique au sein de la zone d'étude. Globalement, la richesse spécifique (S) est de 74 espèces, pour une densité moyenne estimée à 69 individus/ha. Au total, 6 409 individus ont été recensés dans les huit sites, constituant ainsi un échantillon représentatif pour le calcul des différents indices de diversité. L'indice de Shannon-Wiener (H'), indicateur du niveau de diversité floristique, est de 3,45 bits pour l'ensemble de la zone. Cette valeur relativement élevée témoigne de la présence d'un nombre important d'espèces ligneuses, ce qui est en cohérence avec la richesse floristique globale observée.

Cependant, l'équitabilité de Piélou ($E = 0,55$) révèle une répartition inégale de la densité des individus entre les espèces, les différentes classes de structure de la végétation et les sites étudiés. Cela suggère que certaines espèces dominent largement, tandis que d'autres sont représentées par un nombre restreint d'individus. L'indice de richesse spécifique de Margalef (D), évalué à 8,47, confirme que la zone est floristiquement riche et plurispécifique. En revanche, le coefficient générique (CG), estimé à 55,1, indique que malgré cette diversité, la composition floristique reste faiblement diversifiée sur le plan générique, en raison de la dominance de quelques familles, notamment les Mimosaceae et les Combretaceae, qui regroupent plusieurs genres et espèces dominantes.

Variations des indices de diversité par site sentinelle

L'étude révèle une grande variation des indices de diversité entre les sites (Tableau 4). Les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon-Wiener (H') sont observées à Melfi (3,03) et Mangalme (2,02), tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées à Temki (0,91) et Am-Ndjamena (0,90). Ces résultats confirment que les sites d'Am-Ndjamena et de Temki sont les moins diversifiés, reflétant leur faible richesse floristique, la basse fréquence de certaines espèces et une répartition fortement inégale des abondances. À l'inverse, les sites de Melfi et Mangalme présentent le plus grand nombre d'espèces ligneuses.

L'équitabilité de Piélou (E), qui mesure la répartition des individus entre les espèces indépendamment de la richesse spécifique, varie de 0,36 pour Am-Ndjamena à 0,78 pour Melfi. Cela indique que le site d'Am-Ndjamena est fortement dominé par une seule espèce (*Balanites aegyptiaca*), alors que la répartition des individus au sein des espèces est plus équilibrée à Melfi. Les résultats de l'indice de Margalef, qui évalue la richesse spécifique, corroborent ces observations. Les sites d'Am-Ndjamena et de Tersef présentent des

valeurs faibles (1,89 et 1,95 respectivement), confirmant une richesse spécifique limitée, tandis que le site de Melfi affiche un indice élevé (7,06), attestant une richesse floristique importante.

En termes de richesse des espèces, Melfi se distingue avec 49 espèces, suivi de Mangalme (25 espèces) et de Djogolo (21 espèces). Les sites de Tersef et Am-Ndjamena apparaissent comme les plus pauvres en espèces. Concernant l'abondance des individus, Temki est le site le plus fourni avec 1 504 individus, suivi de Djogolo (1 228 individus), alors que Bokoro et Tersef comptent seulement 29 et 61 individus respectivement. En termes d'homogénéité, Temki présente un coefficient de 0,14, suivi d'Am-Ndjamena (0,15). Bien que Temki abrite un grand nombre d'individus, ce faible coefficient indique que la richesse en espèces y est relativement pauvre, avec une forte dominance de certaines espèces.

Tableau 4. Indices de diversité de la végétation dans les sites sentinelles.

	Amndjamena	Bokoro	Chialo	Djogolo	Mangalme	Melfi	Temki	Tersef
Richesse spécifiques	11	11	14	21	25	49	16	9
Indice de Margalef	1.89	2.97	2.40	2.81	3.63	7.06	2.05	1.95
Abondance des espèces	196	29	226	1228	747	895	1504	61
Raréfaction	2.78	5.67	4.91	4.30	5.19	7.59	2.74	3.68
Indice de Shannon	0.90	1.93	1.85	1.75	2.02	3.03	0.91	1.32
Indice de Simpson	0.36	0.79	0.77	0.72	0.80	0.93	0.38	0.62
Homogénéité	0.15	0.33	0.29	0.24	0.25	0.24	0.14	0.28
Diversité effective	2.47	6.86	6.36	5.74	7.56	20.68	2.49	3.76
Fisher alpha	2.52	6.46	3.30	3.81	4.98	11.14	2.50	2.91

Espèces prioritaires de la zone d'étude

L'intégration des données issues des enquêtes socioéconomiques avec celles de l'inventaire floristique a permis d'identifier 14 espèces prioritaires pour les populations locales : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia seyal*, *Calotropis procera*, *Diospyros mespiliformis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia senegal*, *Tamarindus indica*, *Sclerocarya birrea*, *Dichrostachys glomerata*, *Acacia nilotica*, *Boscia senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum* et *Ziziphus mauritiana*. Cette sélection repose sur l'importance accordée à ces espèces par les communautés locales, évaluée selon trois critères principaux : économique, médicinal et nutritionnel.

Ces résultats corroborent les observations de Ouedraogo *et al.*, (2015), qui ont montré dans des contextes sahéliens voisins que certaines espèces ligneuses, notamment les Mimosaceae et Combretaceae, jouent un rôle central dans la subsistance des populations locales en fournissant à la fois des produits alimentaires, médicinaux et des ressources économiques. De même, les espèces telles que *Balanites aegyptiaca* et *Sclerocarya birrea* sont largement reconnues pour leur valeur multifonctionnelle, ce qui explique leur statut prioritaire dans les usages endogènes. Ainsi, la combinaison de données écologiques et socioéconomiques permet de mettre en évidence non seulement la richesse floristique, mais également le potentiel fonctionnel et stratégique des espèces ligneuses dans les zones arides et semi-arides du Tchad.

Espèces menacées ou en voie de disparition

Les besoins croissants des populations, notamment en produits forestiers non ligneux (PFNL), ainsi que les feux de brousse et les sécheresses récurrentes, ont entraîné une dégradation progressive et marquée des ressources ligneuses. Cette dégradation se manifeste par une modification de la composition floristique, une altération de la structure des peuplements et une faible régénération naturelle de certaines espèces, ce qui rejoint les observations faites par Nikiéma *et al.*, (2012) et Bognounou *et al.*, (2010) dans les savanes soudano-sahéliennes, où la pression anthropique combinée aux stress climatiques conduit à une réduction significative de la biodiversité ligneuse.

À l'issue de l'étude, une liste non exhaustive des espèces menacées ou en voie de disparition a été établie sur la base des données de terrain et des informations recueillies auprès des populations locales. Cette liste comprend 14 espèces : *Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Sarcocephalus latifolius*, *Salvadora persica*, *Sterculia*

setigera, *Stereospermum kunthianum*, *Tamarindus indica*, *Terminalia avicennioides*, *Anogeissus leiocarpus*, *Boswellia papyrifera*, *Ceiba pentandra*, *Detarium microcarpum*, *Prosopis africana* et *Pterocarpus lucens*.

Ces résultats confirment les conclusions de Yedomonhan *et al.*, (2014) et de Ouedraogo *et al.*, (2015), qui ont montré que les espèces ligneuses présentant une forte valeur socioéconomique et une longue durée de cycle biologique sont particulièrement vulnérables dans les régions arides et semi-arides. Les pressions anthropiques combinées aux facteurs climatiques contribuent ainsi à la réduction de la régénération naturelle, ce qui justifie la mise en place de stratégies de conservation ciblées pour ces espèces menacées.

Discussion

L'inventaire floristique réalisé sur les huit sites d'étude a permis de recenser 74 espèces ligneuses appartenant à 43 genres et 21 familles, avec une domination marquée des Mimosaceae, notamment *Acacia seyal* et *Dichrostachys glomerata*. Cette richesse est comparable aux observations de Bognounou *et al.*, (2010) au Burkina Faso et de Koulibaly *et al.*, (2014) en Côte d'Ivoire, qui soulignent l'adaptabilité de *Acacia seyal* dans les savanes dégradées. Cependant, elle reste légèrement inférieure à celle rapportée par Yossi *et al.*, (2021) dans le sud du Tchad (93 espèces), une différence attribuable aux conditions pédoclimatiques et aux pressions anthropiques locales.

La densité des ligneux varie fortement entre les sites, allant de 4 ind/ha à Bokoro à 262 ind/ha à Temki, reflétant les influences combinées de facteurs écologiques (climat, sol, topographie) et anthropiques (agriculture, coupe de bois, pâturage). Les sites à forte densité, comme Temki et Djogolo, correspondent à des zones relativement moins perturbées, en accord avec les résultats de Fandohan *et al.*, (2011) et Bognounou *et al.*, (2010). À l'inverse, les sites de Bokoro, Tersef et Am-Ndjamena présentent une faible densité et une homogénéisation floristique, similaire à ce qui est décrit par Thiombiano *et al.*, (2006) et Guinko *et al.*, (2002) dans des savanes fortement exploitées.

La dynamique des arbustes suit globalement la même tendance, avec une dominance à Temki, Djogolo et Mangalme, reflétant souvent une régénération en cours ou des formations pionnières dans des zones anciennement dégradées (Bationo *et al.*, 2012). À l'inverse, les très faibles densités arbustives à Tersef et Am-Ndjamena indiquent une pauvreté floristique généralisée. Le ratio densité arbustive/arborée suggère que certains sites connaissent une succession écologique active, tandis que d'autres montrent des formations fortement perturbées, où les espèces pionnières remplacent progressivement les espèces sensibles à la pression anthropique et aux sécheresses.

Une liste de 14 espèces prioritaires a été identifiée par les populations locales (*Balanites aegyptiaca*, *Acacia seyal*, *Calotropis procera*, *Diospyros mespiliformis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia senegal*, *Tamarindus indica*, *Sclerocarya birrea*, *Dichrostachys glomerata*, *Acacia nilotica*, *Boscia senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum*, *Ziziphus mauritiana*), sur la base de leur importance économique, médicinale et nutritionnelle. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Belem *et al.*, (2007), Faye *et al.*, (2010) et Lykke *et al.*, (2004), qui soulignent le rôle central des ligneux dans la sécurité alimentaire, la pharmacopée traditionnelle et les stratégies d'adaptation des communautés rurales.

Enfin, la dégradation des ressources ligneuses, due aux besoins croissants en produits forestiers, aux feux de brousse et à la sécheresse, se traduit par une modification de la composition floristique, une structure végétale simplifiée et une faible régénération naturelle de certaines espèces. Les 14 espèces menacées identifiées (*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Sarcocephalus latifolius*, *Salvadora persica*, *Sterculia setigera*, *Stereospermum kunthianum*, *Tamarindus indica*, *Terminalia avicennioides*, *Anogeissus leiocarpus*, *Boswellia papyrifera*, *Ceiba pentandra*, *Detarium microcarpum*, *Prosopis africana*, *Pterocarpus lucens*) confirment que la conservation des ligneux prioritaires est un enjeu écologique et socio-économique majeur, comme l'ont montré Mbayngone *et al.*, (2008), Nacoulma (2012) et Assogbadjo *et al.*, (2012) dans d'autres contextes sahéliens.

En somme, l'étude met en évidence une richesse floristique encore présente, mais soumise à une pression anthropique élevée et à des conditions climatiques contraignantes, nécessitant des stratégies de gestion durable intégrant la conservation in situ et la valorisation des savoirs locaux.

Conclusion

L'analyse conjointe de l'évolution de l'organisation spatiale et de la diversité floristique dans la zone d'étude, étayée par les données collectées sur le terrain et appuyée par les connaissances des populations met en

évidence l'érosion de la biodiversité végétale. Conformément aux causes unanimement avancées, cette érosion est principalement sous l'influence prépondérante de deux facteurs : la dégradation des habitats qui se manifeste à travers leur disparition et leur fragmentation, et les pratiques anthropiques qui dictent la distribution et la disponibilité des habitats naturels. Cette étude a apporté une contribution à la connaissance des espèces végétales prioritaires et celles menacées. De telles études s'avèrent à l'heure actuelle indispensable car, s'il est actuellement et clairement établi que la conservation de la biodiversité est une mesure prioritaire à mettre en œuvre pour l'ensemble des activités humaines, les processus permettant son maintien sont encore loin d'être complètement connus. La végétation employée pour évaluer la biodiversité végétale et pour révéler les impacts des activités humaines sur la biodiversité végétale dans une zone, s'est révélée constituer un indicateur biologique original et approprié, reproductible à d'autres paysages.

Declarations

Acknowledgments: I would like to thank the officials and fellow researchers at the National Center for Research for Development (CNRD), the forestry inspections, environmental technicians, surveyors, and farmers for their support in this study.

Author Contribution: I am solely responsible for the following elements: study design and planning, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Conflict of Interest: I have no conflict of interest regarding this article.

Consent to Publish: The author agrees to publish the paper in International Journal of Recent Innovations in Academic Research.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available upon request from the author.

Funding: This research did not receive any external funding; it was carried out using my personal resources.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Research Content: The research content of the manuscript is original and has not been published elsewhere.

References

1. Assogbadjo, A.E., Kakaï, R.G., Vodouhê, F.G., Djaoun, C.A.M.S., Codjia, J.T.C. and Sinsin, B. 2012. Biodiversity and socioeconomic factors supporting farmers' choice of wild edible trees in the agroforestry systems of Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics*, 14(1): 41-49.
2. Bationo, B.A., Bonkougou, E.G. and Thiombiano, A. 2012. Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation ligneuse dans le Sahel burkinabé. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4): 1740-1756.
3. Belem, B., Nacoulma, B.M.I., Gbangou, R., Kambou, S., Hansen, H.H., et al. 2007. Use of non wood forest products by local people bordering the "Parc National Kaboré Tambi", Burkina Faso. *The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies*, 6(1): 1-21.
4. Bognounou, F., Thiombiano, A. and Nacoulma, B.M.I. 2010. Diversité et structure des formations ligneuses dans la région sahélienne du Burkina Faso : cas de la forêt classée de Tiogo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 304(2) : 29-39.
5. Fandohan, B., Assogbadjo, A.E., Glèlè Kakaï, R.L. and Sinsin, B. 2011. Effectiveness of a protected areas network in the conservation of *Tamarindus indica* (Leguminosae-Caesalpinioideae) in Benin. *African Journal of Ecology*, 49(1): 40-50.
6. FAO. 2012. «Stratégie de développement et plan d'action pour la promotion de la foresterie urbaine et périurbaine de la ville de N'Djamena, Tchad». Appui à la formulation d'une stratégie et d'un plan d'action de la foresterie urbaine et périurbaine à N'Djamena, République du Tchad. Document de travail sur la foresterie urbaine et périurbaine n° 5. Rome. 110 p.
7. Faye, M.D., Weber, J.C., Mounkoro, B. and Dakouo, J.M. 2010. Contribution of parkland trees to farmers' livelihoods: A case study from Mali. *Development in Practice*, 20(3): 428-434.
8. Guihini, A.M., Mahamat Saleh, M., Diallo, A., Mekila, M. and Guissé, A. 2021. Composition floristique et structure des peuplements ligneux de deux sites du tracé de la grande muraille verte du Tchad. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 49(1): 8774-8784.
9. Guinko, S. and Pasgo, U. 2002. Influence de l'exploitation humaine sur la végétation ligneuse dans les savanes du Centre-Sud du Burkina Faso. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 3(1): 15-27.

10. Inoussa, M.M., Saadou, M., Mahamane, A. and Sinsin, B. 2013. Diversité floristique et structure de la végétation ligneuse du complexe W du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(1): 258–278.
11. Koulibaly, D., Koné, M. and Traoré, D. 2014. Analyse floristique et structurale des formations ligneuses dans la zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 10(14): 1857–7881.
12. Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper and Row Publishers.
13. Larwanou, M. 2005. Dynamique de la végétation dans le domaine sahélien du Niger occidental suivant un gradient d'aridité : Rôles des facteurs écologiques, sociaux et économiques. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 229 p.
14. Lykke, A.M., Kristensen, M.K. and Ganaba, S. 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, 13(10): 1961–1990.
15. Mahamane, A. 1997. Structure fonctionnement et dynamique des parcs agroforestiers dans l'Ouest du Niger. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, 213 p.
16. Mbayngone, E., Savadogo, P., Tigabu, M. and Oden, P.C. 2008. Impact of land use type on population structure and regeneration of *Detarium microcarpum* Guill. and Perr. in Burkina Faso, West Africa. *Journal of Forestry Research*, 19(4): 351–358.
17. Nacoulma, B.M.I. 2012. Dynamique et stratégie de conservation de la végétation et de la phytodiversité du complexe écologique du Parc National du W du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou.
18. Ndong, A.T., Ndiaye, O., Sagna, M.B., Diallo, A., Galop, D. and Guisse, A. 2015. Characterization of the Sahelian woody vegetation of Senegal: The case of Ferlo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6): 2582–2594.
19. Nikiéma, A., Nacoulma, B.M.I., Ouédraogo, A., Thiombiano, A. and Ouédraogo, O. 2012. Caractérisation de la végétation ligneuse de la forêt classée de Tiogo, Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6): 2433–2451.
20. Ouédraogo, O., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K. and Guinko, S. 2015. Structure et dynamique des formations à *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub. en zone soudanienne au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 323(1) : 5–18.
21. Renaudin, B. and Raillon, C. 2011. La résilience des pasteurs aux sécheresses, entre tradition et bouleversement. Les ONG au défi des transhumances. Tchad, région de Bahr el Gazal. Groupe urd.
22. Thiombiano, A., Schmidt, M., Dressler, S., Ouédraogo, A. and Hahn, K. 2006. Threatened species and protected areas of the Sahel: A case study from Burkina Faso. *Biodiversity and Conservation*, 15: 1973–1997.
23. Yédomonhan, H., Adomou, A.C., Tossou, G.M., Akoègninou, A. and van der Maesen, L.J.G. 2014. Diversité floristique et structure des formations végétales de la Forêt Classée de Wari-Marou au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1): 1–19.
24. Yossi, H., Madjitouloum, T. and Laoukoura, P. 2021. État de la flore ligneuse dans différents types d'occupation du sol dans la zone soudanienne du Tchad. *Revue Tchadienne de Recherche et de Développement*, 8(2): 45–60.

Citation: Gaiwa Daakreo. 2025. Floristic Diversity, Composition, and Structures of Plant Formations in the Provinces of Guéra, Batha, and Hadjer-Lamis in Chad: Current Status and Ecological Issues. *International Journal of Recent Innovations in Academic Research*, 9(4): 98–111.

Copyright: ©2025 Gaiwa Daakreo. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.