

Comparaison de la végétation herbacée de trois occupations du sol des milieux dunaires du Sud-est Niger: Cas du terroir villageois Guidan Kadji (Maïné-Soroa)

[Contrast of the herbaceous vegetation of three land uses in the dune environments of southeastern Niger: The case of the Guidan Kadji village land (Maïné-Soroa)]

Aboubacar Moustapha Moustapha¹, Adamou Didier Tidjani¹, Iro Dan Guimbo², and Ali Akilou Abdoul-Salem²

¹Département de Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni BP: 10960 Niamey, Niger

²Département de Génie Rural et Eaux and Forêts, Faculté d'Agronomie, Université Abou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Manga located, in the South-East of Niger knows wind erosion. This form of degradation favored the creation of sharp dunes. To remedy this situation, programs to fight against sand dunes are implemented. This study is conducted in Guidan Kadji (Maïné-Soroa). It compares the herbaceous flora of a treated dune that has received manure, a natural course and a living dune in the vicinity of Guidan Kadji. The method of aligned quadrat points was used for the phytosociological study. The treated dune has 24 species, 10 species for the natural course and 3 species for the living dune, the best represented families are the Poaceae with 9 species. Therophytes occupy more than 80% of the gross and weighted spectra. The species. Guineo-Congolese-Sudanese-Zambézian is the dominant phytogeographic type with more than 70% in the gross and weighted spectra. The cover is 4.25%, 71.02% and 95.81% for live dune, treated dune and rangeland respectively. The qualified forage is 1339.65 kg DM/ha or 1.33 T DM/ha for the natural dune versus 703.44 kg DM/ha or 0.70 T DM/ha for the treated dune. It is practically null (2.04 kg DM/ha or 0.002 T DM/ha) on the live dune. Overall, the regularity (>0.60 bits) is high and the Sørensen similarity (>80%) between the treated dune and the natural course is high. This study demonstrated that dune fixation can restore the flora of degraded dune systems, especially if the site is close to residential areas.

KEYWORDS: Wind erosion; dune fixation; dune environments; herbaceous flora; diversity; biomass; Niger-Southeast.

RESUME: Le Manga situé, dans le Sud-est Niger connaît l'érosion éolienne. Cette forme de dégradation favorisé la création des dunes vives. Pour y remédier, des programmes de lutte contre l'ensablement sont mis en œuvre. Cette étude est conduite à Guidan Kadji (Maïné-Soroa). Elle compare la flore herbacée d'une dune traitée ayant reçu un apport en fumier, un parcours naturel et une dune vive dans les alentours de Guidan Kadji. La méthode des points quadrats alignés a servi à l'étude phytosociologique. La dune traitée compte 24 espèces, 10 espèces pour le parcours naturel et 3 espèces pour la dune vive, les familles les mieux représentées sont les Poacées avec 9 espèces. Les Thérophytes occupent plus de 80% des spectres brut et pondéré. Les espèces. Guinéo-congolaises-soudano-zambéziennes est le type phytogéographique dominant avec plus 70% en spectre brut et pondéré. Le recouvrement est de 4,25%, 71,02% et 95,81% respectivement pour la dune vive, la dune traitée et le parcours naturel. Le fourrage qualifié est 1339,65 kg MS/ha soit 1,33 T MS/ha pour le parcours naturel contre 703,44 kg MS/ha soit 0,70 T MS/ha pour la dune traitée. Elle est pratiquement nulle (2,04 kg MS/ha soit 0,002 T MS/ha) sur la dune vive. Globalement, la régularité (>0,60 bits) est élevée et la similitude de Sørensen (> 80%) entre la dune traitée et le parcours naturel est élevée. Cette étude a démontré que la fixation des dunes permet de restaurer la flore des systèmes dunaire dégradés, surtout si le site est à proximité des zones d'habitation.

MOTS-CLEFS: Erosion éolienne; fixation des dunes; milieux dunaires; flore herbacée; diversité; fourrage; Niger-Sud-est.

1 INTRODUCTION

Dans les régions Manga situées au Sud du 14^{ème} parallèle, la dégradation des terres sous forme de désertification a plus d'ampleur que dans toute autre partie du Niger [1]. En effet cette partie du pays, est caractérisés par des paysages à faciès dunaire aux inter-dunes occupées par des cuvettes oasiennes et des vallées à forte potentiel agro-pastoral [2]. L'Etat Nigérien avec l'appui des partenaires continue d'entreprendre la lutte contre l'ensablement via les techniques de fixation des dunes vives. A priori, la finalité des telles opérations est à court et moyen terme de freiner l'avancée des fronts dunaires. A long terme elles permettront la stabilisation durable des dunes dégradées pour permettre un retour du couvert végétal et une amélioration de la structure du sol [3]. A ce jour, nombre d'études sur l'évaluation technico-écologique confortent cette hypothèse. Les auteurs soulignent une diminution considérable de la vitesse du vent par les haies, créant un microclimat relativement favorable à l'installation de la végétation [1], [4]. Il s'en suit une amélioration progressive de la productivité et de la diversité biologique, une amélioration de la fertilité des sols et par conséquent leur stabilité structurale [5] – [7]. Une restauration écologique des dunes de sables entièrement dénudées est vraisemblablement possible. Dans le sud-est du Niger, les techniques de fixation des dunes connaissent une large variabilité de succès selon la vitesse du processus et les méthodes d'application ou même la typologie de chaque région [3]. L'efficacité de cette restauration doit certainement être en fonction de l'environnement de la dune. Cependant, les travaux sur l'évaluation de l'efficacité de la fixation des dunes sont faits sur des sites loin des zones d'habitation. Cette étude a comme principale originalité l'évaluation d'une restauration à proximité d'une zone d'habitation où l'amendement du site en fumier est possible.

La présente étude se propose de comparer la flore herbacée d'une dune traitée de 3 ans, d'un parcours naturel et d'une dune vive dans le terroir de Guidan Kadji (Niger-Sud-est). Elle vise à évaluer le rendement en phytomasse et la qualité du fourrage herbacé, déterminer la diversité spécifique, identifier les types biologiques et les affinités chorologiques de la flore herbacée. Elle permettra de confirmer ou d'infirmer l'effet positif de la proximité d'une zone d'habitation sur l'efficacité de la restauration.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 LOCALISATION ET CARACTÉRISATION DES SITES D'ÉTUDES

Les sites de l'étude sont situés au sud-est du département de Mainé-Soroa dans la Région de Diffa à l'extrême sud-est du Niger (Figure 1). Ce département est compris entre 13°05' et 14°30' de latitude Nord et 10°35' et 12°30' de longitude Est. Le relief est caractérisé par des plaines et des dunes de sable, des cuvettes oasiennes et des bas-fonds [8]. Le climat de la zone est de type saharo-sahélien marqué par une longue saison sèche (9 à 10 mois), suivie d'une saison des pluies aux précipitations courtes et violentes essentiellement durant les mois de juillet et août [9]. La zone d'étude présente une végétation de type steppique ouverte, présentant des petites unités contractées de ligneux [10]. Le cumul pluviométrique annuel à Mainé-Soroa est de 384,33 ± 72,60 mm sur les deux dernières décennies, des températures présentant deux minima de 12 (décembre – Janvier) et 23°C (Juillet – Août) et deux maxima de 38 (Octobre) et 41°C (Avril – Mai) [11]. Le Harmattan et la Mousson sont les deux types de vent rencontrés dans cette zone où le vent souffle presque tout le temps avec une vitesse moyenne mensuelle de 3 m/s, particulièrement érosive enregistrée de janvier à mars et de juin à juillet du fait de l'intrusion des tempêtes convectives dont les vitesses au moment de leur passage peuvent dépasser les 20 m/s [12]. Les principaux types de sols rencontrés sont des sols dunaires de type brun rouge subaride, ils constitués de sable profond, de faible fertilité, de faible teneur de matière organique avec une forte carence de potassium [8], [13] – [15].

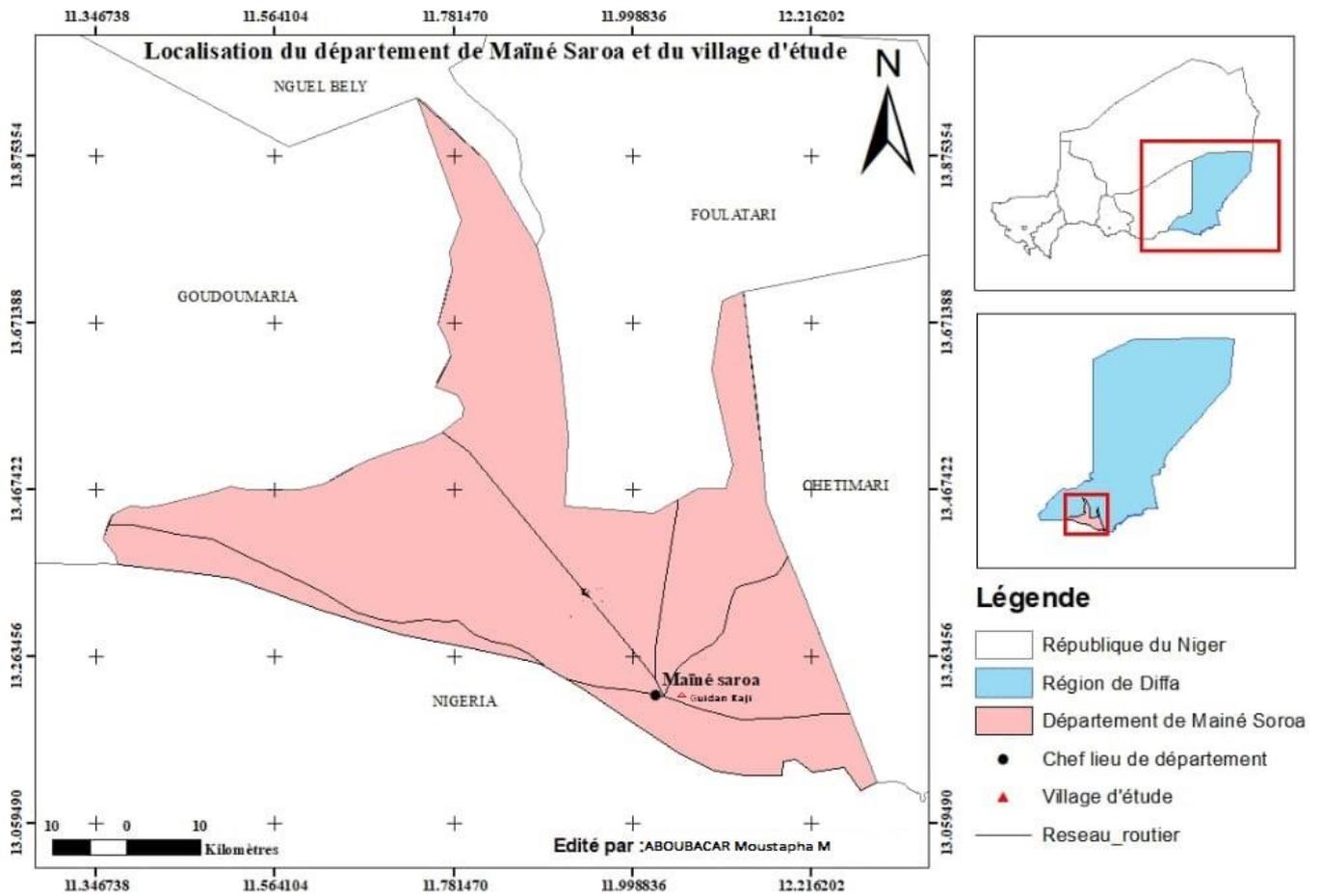


Fig. 1. Localisation du secteur d'étude

2.2 ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNÉES

Dans la présente étude, l'échantillonnage avait porté sur 3 types d'habitats (figure 2): une dune traitée (avec un dispositif de fixation de dune), une dune vive et un parcours naturel. L'unité d'échantillonnage définie est une parcelle rectangulaire de 20m × 25m (500 m²). Un plus grand nombre de 24 parcelles ont été échantillonnées sur la dune traitée pour prendre en compte les hétérogénéités de surface. En ce qui concerne le parcours naturel, visiblement uniforme (sans apparente hétérogénéité de surface) et la dune vive; il a été matérialisé 8 parcelles de 500 m² (4000 m²). La phytomasse herbacée épigée a été mesurée par la méthode de récolte intégrale. Il a été installé 8 placeaux de 1 m² (1m × 1m) soit 4 aux angles et 4 autres au centre de chacune des parcelles matérialisées. Au total 320 placeaux (1 m²) sont installés soit 192 pour la dune traitée; 64 pour le témoin non dégradé et 64 autres pour le témoin dégradé.



Fig. 2. Vues des 3 habitats étudiés (de la gauche vers la droite: la dune traitée, le parcours naturel et la dune vive)

2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

2.3.1 CARACTÉRISATION DE LA VÉGÉTATION HERBACÉE

L'étude phytosociologique a été réalisée par la méthode des points quadrats alignés de Daget et Poissonet [16]. Les relevés ont été effectués le long de deux (2) diagonales des parcelles de 500 m² en raison de 400 points de contact par parcelle. Il a été utilisé 9600 points pour la dune traitée, 3200 points pour le parcours naturel et la dune vive chacun. La collecte a été réalisée vers la fin de la saison pluvieuse (Début Octobre). A cette période, les herbacées sont à leur maturité, facilitant ainsi la distinction des espèces sur le terrain. Le lexique des plantes du Niger et les communautés ont servi à l'identification des espèces [17]. Les paramètres suivants ont été calculés:

La richesse spécifique d'un peuplement est exprimée par le nombre total d'espèces observées.

- **La fréquence spécifique (Fsi)** d'une espèce (i) représente la somme cumulée des contacts de cette espèce sur la ligne de lecture pour la végétation herbacée.
- **La contribution spécifique (Csi)** d'une espèce (i) représente le poids de celle-ci par rapport à toutes les espèces recensées. Elle est par la formule:

$$Csi (\%) = \left(\frac{Fsi}{\sum Fsi} \right) \times 100 \text{ (éq 1)}$$

- **Le recouvrement**

Il est exprimé par le recouvrement spécifique et le recouvrement global. Le recouvrement spécifique est le rapport de la fréquence spécifique de l'espèce (i) sur le nombre total des points de lecture du relevé.

- **Le recouvrement global (RG):**

$$RG = 100 - (\% \text{ des sols nus}) \text{ (éq 2)}$$

2.3.2 ANALYSE DE LA DIVERSITÉ

Une analyse floristique basée sur les indices la diversité alpha (α) (Shannon-Wiener) et d'Équitabilité de Piérou a été réalisée.

- **L'indice de Shannon-Wiener (H')**:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i (\log_2 p_i) \text{ (éq 3)}$$

Où $p_i = n_i / \sum n_i$, avec n_i = recouvrement de l'espèce i et $\sum n_i$ = la somme des recouvrements de toutes les espèces. Un indice de diversité de Shannon élevé correspond à des conditions du milieu favorable à l'installation de nombreuses espèces; c'est le signe d'une grande stabilité du milieu [18]. L'indice de diversité de Shannon est faible lorsque sa valeur est comprise entre 0 et 2 bits, et élevé lorsque sa valeur est supérieure à 3,5 bits [19].

- **L'équitabilité de Piérou (E):**

$$E = H' / H_{\max} \text{ (éq 4)}$$

Avec:

$$H_{\max} = \log_2 S \text{ (éq 5)}$$

L'équitabilité varie de 0 à 1, les valeurs proches de 1 témoignent d'une régulière distribution des individus entre les espèces. Par contre, les valeurs proches de 0 correspondent à la présence d'un nombre élevé d'espèces rares ou d'un petit nombre d'espèces dominantes [20].

- **L'indice de Sørensen (β):**

$$\beta = 2C / (S1 + S2) \text{ (éq 6)}$$

Il varie de 0, quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux bandes, à 100 %, lorsque les mêmes espèces existent dans les deux bandes. Lorsque le coefficient calculé est supérieur à 50 %, on déduit qu'il y a similarité entre les habitats comparés [19].

- **Spectre biologique**

Les types biologiques désignent le comportement adaptatif de l'espèce. Elle renseigne sur la formation végétale, son origine et ses transformations. La classification faite par Raunkier en 1934 a été utilisée dans le cadre de cette étude [21]. Cette classification se base sur la position qu'occupent les méristèmes en dormance par rapport au niveau du sol durant la saison difficile et se subdivise ainsi:

- Hydrophyte (Hy): plante aquatique dont les bourgeons persistants sont situés au fond de l'eau;
- Phanérophytes (Ph): végétaux supérieurs dont les bourgeons de rénovation sont situés à plus de 50 cm du sol. Ils se subdivisent en: (Mégaphanérophytes (MP): Arbres de plus de 30 m de hauteur, Mésophanérophytes (mP): de 8 à 30 m de hauteur, Microphanérophytes (mp): de 2 à 8 m de hauteur, Nanophanérophytes (np): de 50 cm à 2 m de hauteur, Lianes microphanérophytes (Lmp))
- Chaméphytes (Ch): Espèce ligneuse ou suffrutescentes pennes dont les bourgeons de rénovation sont situés à 50 cm du sol au maximum. Ils sont subdivisés en: (Chd: Chaméphytes dressés, Ch he: Chaméphytes herbacés érigés)
- Hémicryptophytes (He): plantes pérennes dont les bourgeons de rénovation affleurent à la surface du sol
- Thérophytes (T): ce sont les plantes annuelles qui forment leurs spores graines au cours d'une seule période de vie. Ils se subdivisent en: (Th: thérophytes herbacés, Thd: thérophytes dressés, LT: liane thérophytes, The: thérophytes érigés, Thp: lianes herbacés prostrés)

- **Spectre phytogéographique**

La répartition phytogéographique des espèces recensées a été décrite sur la base de leurs affinités chronologiques au niveau africain et mondial [9].

A l'échelle du continent africain, la classification suivante a été retenue:

- GC-SZ: espèces à distribution Guinéo-Congolaise et Soudano- Zambézienne;
- GC-SZ-Sah.S: espèces à distribution Guinéo Congolaise et Soudano Zambézienne et Saharo-Sindienne;
- i: espèce introduite;
- Sah.S: espèces à distribution Saharo-Sindienne;
- Sah.S. Med: espèces à distribution Saharo-Sindienne et Méditerranéenne;
- SZ: espèces à distribution Soudano Zambézienne;
- SZ- Sah.S: espèces à distribution Soudano Zambézienne et Saharo-Sindienne;
- SZ-Sah.S-Med: espèce à distribution soudano Zambézienne, Saharo-Sindienne et Méditerranéenne

2.3.3 PRODUCTIVITÉ ET QUALITÉ DE LA PHYTOMASSE

La méthode de récolte intégrale a servi à la détermination de la phytomasse. Les poids frais et secs ont été déterminés par pesage à l'aide d'une balance 50 grammes près.

La valeur pastorale (VP) ou indice globale qualité fourragère des herbacées est déterminée sur la base de la contribution spécifique et de l'indice de qualité des espèces (Is).

L'indice de qualité, pour les espèces herbacées des terres de parcours de la zone sahélienne, est établi sur une échelle de cotation à quatre classes [18], [22] – [24].

La valeur pastorale relative est donnée par la formule:

$$Vr = Csi * Isi \text{ (éq 7)}$$

Où: Vr est la valeur relative de cette espèce sur le site, Csi la contribution spécifique de l'espèce i et Isi son indice spécifique de qualité.

L'indice global (ou synthétique) de qualité ou valeur pastorale nette d'un site (Vp) est égal au tiers de la somme des valeurs pastorales relatives.

$$V_p = 1/3 \sum (C_{si} * I_s) \text{ (éq 8)}$$

La quantité de fourrage qualifié (biomasse utile): Q est obtenue en multipliant la production récoltée par la valeur de cet indice synthétique de qualité pastorale.

$$Q \left(\text{kg} \frac{\text{MS}}{\text{ha}} \right) = P * V_p \text{ (éq 9)}$$

Où: P est la production totale brute en kilogrammes de matière sèche par hectare et Vp la valeur pastorale nette, MS désignant la matière sèche. Avec: 0: Vp nulle; 1: V P faible; 2: Vp moyenne; 3: Vp bonne.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE DES COMPOSITIONS FLORISTIQUES

Le tableau (1) présente la composition floristique, les fréquences et les contributions spécifiques ainsi que l'indice synthétique de la qualité du fourrage. L'analyse du tableau 1 montre que le secteur de Guidan kaji affiche un cortège floristique de 24 espèces végétales herbacées appartenant à 21 genres et réparties dans 13 familles botaniques. La dune traitée présente la flore la plus riche avec 24 espèces contre 10 espèces pour le parcours naturel et 3 espèces au niveau de la dune vive. Les familles les mieux représentées sont les Poacées avec 9 espèces regroupées dans 6 genres soit 37,5% suivies par les Fabacées représentées par 2 espèces regroupées dans 2 genres soit 8,33% suivies de loin par d'autres familles moins représentées (1 espèce et 1 un genre) soit 4,16% chacune. Cette flore a enregistré un coefficient générique de 0,79. Le taux du couvert de 4,25%, 71,02% et 95,81% respectivement pour la dune vive, la dune traitée et le parcours naturel.

Tableau 1. Composition floristique, Fréquence absolue et recouvrement de la flore herbacée dans le secteur de Guidan Kadji

Familles botaniques	Nombre de genres	Espèces	Is	Dune traitée			Parcours naturel (TND)			Dune vive (TD)		
				Fsi	Csi (%)	R (%)	Fsi	Csi (%)	R (%)	Fsi	Csi (%)	R (%)
Amaranthaceae	1	Amaranthus gracilis Desf. ex Poir.	1	8	0,22	0,17	0	-	0,00	-	-	-
Cesalpiniaceae	1	Cassia mimosoides L.	0	6	0,06	0,13	0	-	0,00	-	-	-
Commelinaceae	1	Commelina forskolaiei Vahl	2	119	5,30	2,48	204	12,94	12,75	-	-	-
Convolvulaceae	1	Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. & Schult.	2	3	0,01	0,06	21	1,29	1,31	-	-	-
		Ipomoea kotschyana Hochst. ex Choisy	2	130	3,87	2,71	0	-	0,00	-	-	-
Cucurbitaceae	1	Cucumis melo L.	1	6	0,03	0,13	3	0,18	0,19	-	-	-
		Cucumis metuliferus Naudin	1	18	0,32	0,38	0	-	0,00	-	-	-
Cyperaceae	1	Fimbristylis hispidula (Vahl) Kunth	0	99	2,95	2,06	0	-	0,00	-	-	-
Fabaceae	2	Alysicarpus ovalifolius (Schumach.) J.Léonard	2	914	27,12	19,04	168	11,65	10,50	-	-	-
		Zornia glochidiata Rchb. ex DC.	2	640	19,04	13,33	282	17,74	17,63	8	5,88	0,50
Phyllanthaceae	1	Phyllanthus pentandrus Schumach. & Thonn.	2	10	0,13	0,21	213	13,86	13,31	0	-	0,00
Poaceae	6	Andropogon gayanus Kunth	3	34	0,91	0,71	78	5,73	4,88	0	-	0,00
		Aristida mutabilis Trin. & Rupr.	3	22	0,59	0,46	0	-	0,00	0	-	0,00
		Aristida stipoides Lam.	2	99	2,85	2,06	0	-	0,00	0	-	0,00
		Cenchrus biflorus Roxb.	3	362	10,76	7,54	0	-	0,00	20	35,29	1,25
		Cenchrus prieurii (Kunth) Maire	2	12	0,07	0,25	3	0,18	0,19	0	-	0,00
		Digitaria horizontalis Willd.	3	479	14,22	9,98	0	-	0,00	0	-	0,00
		Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	3	74	2,18	1,54	18	1,48	1,13	0	-	0,00
		Eragrostis tremula Steud.	3	16	0,03	0,33	0	-	0,00	0	-	0,00
		Pennisetum pedicellatum Trin.	3	84	2,49	1,75	0	-	0,00	0	-	0,00
Rubiaceae	1	Spermacoce stachydea (DC.) Hutch. & Dalziel	1	218	6,26	4,54	543	34,94	33,94	40	58,82	2,50
Scrophulariaceae	1	Striga gesnerioides (Willd.) Vatke	1	18	0,01	0,38	0	-	0,00	0	-	0,00
Tiliaceae	1	Corchorus tridens L.	1	15	0,15	0,31	0	-	0,00	0	-	0,00
Zygophyllaceae	1	Tribulus terrestris L.	1	23	0,43	0,48	0	-	0,00	0	-	0,00
Total	19	24		3409	100	71,02	1533	100	95,81	34	100	4,25

3.2 ANALYSE DE SPECTRES DE TYPES BIOLOGIQUES

Les Thérophytes affichent une nette abondance- dominance avec 87,50% du spectre brut et 98,30% du spectre pondéré au niveau de la dune traitée. Côté parcours naturel, les Thérophytes comptent pour 80% et au-delà de 94,72% respectivement pour le spectre brut et le spectre pondéré. S'agissant de la dune vive, les 3 espèces recensées sont toutes des Thérophytes soit donc 100% des spectres biologiques (brut et pondéré).

Tableau 2. Spectres biologiques de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive dans le secteur de Guidan Kadji

Types biologiques	Spectre brut (%)			Spectre pondéré (%)		
	Dune Traitée	Parcours Naturel	Dune Vive	Dune Traitée	Parcours Naturel	Dune Vive
Thérophytes (T)	87,50	80	100	98,30	94,72	100
Lianes Thérophytes (LT)	8,33	10	0	0,70	0,20	0
Hémicryptophytes (He)	4,17	10	0	1,00	5,09	0
Total	100	100	100	100	100	100

3.3 ANALYSE DE SPECTRE DE TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

Les espèces Guinéo-congolaises-soudano-zambéziennes sont le type phytogéographique le plus imposants de Guidan kaji (tableau 3). Elles représentent 76,74 %, 81,21% et 70,59% en spectre pondéré respectivement de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive. Elles sont suivies de loin par les Guinéo-congolaises-soudano-zambéziennes-saharo-sindiennes pour des spectres pondérés de 14,64%, 13,50% et 29,41% de la dune traitée, le parcours naturel et la dune vive dans cet ordre. Les types les moins représentés regroupent les Soudano-zambéziennes-saharo-sindiennes (3,17% et 0,20% de spectre pondéré de la dune traitée et du parcours naturel respectivement) et les Soudano-zambéziennes-saharo-sindiennes-méditerranéennes (0,74% de spectre pondéré de la dune traitée et totalement absentes sur les autres entités).

Tableau 3. Spectres phytogéographiques de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive dans le secteur de Guidan Kadji

Types Phytogéographiques	Spectre brut (%)			Spectre pondéré (%)		
	Dune Traitée	Parcours Naturel	Dune Vive	Dune Traitée	Parcours Naturel	Dune Vive
GC-SZ	50,00	60,00	66,66	76,74	81,21	70,59
GC-SZ-Sah.S	16,67	20,00	33,33	14,64	13,50	29,41
SZ	16,67	10,00	0,00	4,99	5,09	0,00
SZ-Sah.S	12,50	10,00	0,00	3,17	0,20	0,00
SZ-Sah.S. Med	4,17	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100

3.4 ANALYSE DES DIVERSITÉS ALPHA ET BÉTA

La dune traitée de Guidan Kadji (tableau 4) présente une moyenne de Shannon-Wiener de 3,15 bits et une équitabilité de Piélou de 0,69 bits. Le parcours naturel et la dune vive du même secteur affichent une valeur faible de l'indice de Shannon-Wiener respectivement 2,55 bits et 1,22 bits pour une équitabilité de Piélou est de l'ordre de 0,77 bits chacun. L'indice de similitude de Sørensen (83,33%) entre la dune traitée et le parcours naturel est largement inférieur à 50%, attestant d'une forte similitude. Alors que la similitude entre la dune traitée et le parcours naturel représente seulement 25%, cela témoigne d'une faible ressemblance de la flore de ces 2 entités.

Tableau 4. Indices de diversité au niveau de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive de Guidan Kadji

Indices	Dune Traitée	Dune Vive	Parcours Naturel
Indice de Shannon-Wiener (H')	3,15	1,22	2,55
Indice d'Équitabilité de Piélou (E)	0,69	0,77	0,77
Indice de similitude de Sørensen (I): Dune traitée-Parcours Naturel	83,33		
Indice de similitude de Sørensen (I): Dune traitée-Dune vive	25,00		

3.5 RECOUVREMENT, PRODUCTION ET QUALITÉ DE LA PHYTOMASSE ÉPIGÉE

La figure 3 présente Spectre fourrager de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive du secteur de Guidan kaji. Ces résultats montrent qu'il est globalement caractérisé par l'abondance des espèces Mvp, Bvp et Fvp et une rareté des refus (Svp).

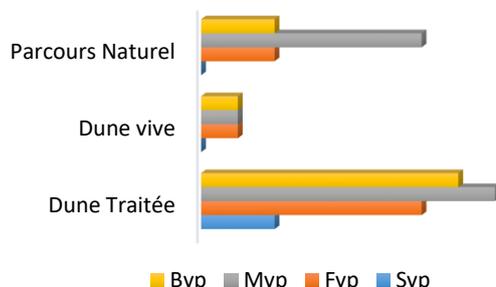


Fig. 3. Spectre fourrager de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive du secteur de Guidan kaji

Bvp: Bonne valeur pastorale; Mvp: Moyenne valeur pastorale; Faible valeur pastorale; Sans valeur pastorale

Le rendement en phytomasse sèche (tableau 5) a lui été très significativement variable entre les 3 entités du secteur de Guidan kaji ($F= 95,11$; $P= 0,0001$). La dune traitée, le parcours naturel et la dune vive ont produit respectivement $1364,58 \pm 72,71$ kg MS/ha; $2437,50 \pm 117,83$ kg MS/ha et $81,66$ Kg MS/ha. La prédominance des espèces à moyenne et bonne valeur pastorale s'est traduite par des valeurs pastorales brutes (Vpb) appréciables. Elle est de 72,58, 58,82 et 57,36% respectivement pour la dune traitée, la dune vive et le parcours naturel. Toutefois la prise en compte du recouvrement dans l'estimation de valeurs pastorale nettes (Vpn) a réduit considérablement la valeur pastorale de la dune vive (2,50%) contre 51,55% et 54,96% de valeur pastorale nette respectivement pour la dune traitée et le parcours naturels. La quantité de fourrage qualifié (utile) a été plus importante au niveau du parcours naturel (1339,65 kg MS/ha soit 1,33 T MS/ha) comparativement de la dune traitée (703,44 kg MS/ha soit 0,70 T MS/ha). Elle a été quasiment nulle au niveau de la dune vive (2,04 kg MS/ha soit 0,002 T MS/ha).

Tableau 5. Production brute et fourrage qualifié de la dune traitée, du parcours naturel et de la dune vive de Guidan Kadji

Sites étudiés	Valeur pastorale brute Vpb (%)	Valeur pastorale nette Vpn (%)	Production totale brute P (kg MS/ha)	Quantité de fourrage qualifié Q (kg MS/ha)
Dune traitée	72,58	51,55	1364,58 ^a	703,44
Parcours naturel	57,36	54,96	2437,50 ^b	1339,65
Dune vive	58,82	2,50	81,66 ^c	2,04
Sig			***	

4 DISCUSSION

4.1 COMPOSITION FLORISTIQUE

Le cortège floristique herbacé de la dune traitée a totalisé 24 espèces regroupées en 13 familles botaniques et 21 genres. Des cortèges moins riches ont été obtenus sur des dunes traitées par [25], [26] respectivement 7 et 13 espèces herbacées. De même sur un pâturage naturel en sols dunaires dans la zone de Maïné-Soroa; [9] ont dénombré 28 espèces herbacées réparties en 12 familles et 24 genres. Un cortège plus riche a été rapporté par [27] qui ont dénombré 83 espèces herbacées réparties dans 30 familles botaniques et 36 genres. Ces différences seraient liées à la nature du substrat sur lequel s'installent les herbacées en effet les dunes des sables caractérisées par une fertilité médiocre offrent des conditions édaphiques moins propices à l'émergence des herbacées [1], [4]. Ainsi le cortège floristique de Guidan Kadji numériquement plus important se justifierait par l'épandage du fumier et ordures ménagères dont il bénéficie du fait de sa proximité avec les habitations. Par contre il a été dénombré seulement 10 et 4 espèces respectivement pour une le parcours naturel et une dune vive. Ces résultats corroborent les travaux de [6], [26] qui témoignent que la dynamique du tapis herbacé au niveau d'un site traité est marquée par une explosion des espèces les premières années du traitement suivis d'une diminution des espèces avec le temps pour

atteindre l'équilibre. Cette situation s'explique par l'ensemencement et l'apport en fumure organique (fumier et ordures ménagères) qui améliorent la qualité du substrat le stock semencier existant. En effet, les travaux de [2] ont montré que les dunes vive renferment des semences viables cependant en l'état les conditions microclimatiques sont peu favorables à leur germination. L'installation des palissades antiérosives favorise l'émergence des herbacées sur le site d'étude [3], [6], [7], [25]. Les Poaceae dominaient largement la flore herbacée de la zone d'étude. Cette prédominance a été largement rapportée dans la même zone d'étude par [2], [26], [27] et dans les autres sahéliennes [28] et dans la zone soudano-sahélienne [29] – [31]. Elle témoigne que les Poaceae sont caractéristiques de la zone sahélienne. Contrairement en zone complètement soudanienne, la flore herbacée est dominée par les Commelinaceae et les Rubiaceae [32]. En effet, les Poaceae sont des espèces qui résistent aux perturbations écologiques car elles développent des stratégies leur permettent de se maintenir et de se développer dans un environnement perturbé [33].

Le coefficient générique a atteint 0,875(87,5%) et 1(100%) respectivement pour la dune traitée et le parcours naturel. Au niveau de la dune vive également il est de 1(100%). Ces valeurs témoignent que la flore étudiée est très riche.

4.2 LES SPECTRES DE TYPES BIOLOGIQUES

La prédominance des Thérophytes (largement au-dessus de 50% du spectre pondéré) dans l'ensemble des secteurs d'études et indépendamment de l'habitat considéré (une dune traitée, un parcours naturel et une dune vive) atteste de leur capacité d'adaptions aux conditions climatiques et édaphiques du milieu. Ces résultats sont en accords avec les travaux de [9], [10], [27] dans la même zone d'étude. Cette prédominance a été observée dans d'autres régions sahéliennes par [28], [34]. En effet, les Thérophytes possèdent un avantage comparatif par rapport aux autres types biologiques car ils bouclent leur cycle pendant la saison des pluies et passent la saison défavorable à l'état de graines, donc moins exposés aux rudes conditions situationnelles [27]. De même sous climat méditerranéen (un peu moins de 300 mm/an), sur des sols salés dans l'Ouest de l'Algérie, [35] ont noté une prédominance des Thérophytes. Ces auteurs soulignent que la Thérophytisation est un trait essentiel de la végétation en zone aride. Le phénomène de Thérophytie étant une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques. Cela témoigne de la xéricité de la zone d'étude et atteste que la zone d'étude appartient au domaine sahélien caractérisé par une longue saison sèche tel que souligné par [9]. Cependant, sous des climats soudaniens plus arrosés en Côte d'Ivoire [31], au Congo [32] et au Benin [36], les Thérophytes sont le type de vie les moins abondants.

4.3 LES SPECTRES DE TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

L'analyse des spectres phytogéographiques a ressorti globalement pour l'ensemble des habitats étudiés, une prédominance des espèces Guinéo-congolaises-soudano-zambéziennes qui sont typiquement des espèces tropicales à large distribution. [9], [27] ont obtenu des résultats similaires ont été obtenu dans l'Est du Niger. La prédominance des espèces à large distribution est un indicateur de perturbation attestant que la flore a perdu sa spécificité. Dans ce sens [21] ont souligné que l'abondance d'espèces à large distribution géographique dans une flore est signe de dégradation et de perte de fertilité des sols. Cela s'est traduit par une domination du tapis herbacé par un nombre réduit d'espèces. Ceci est le cas de la flore décrite dans la présente étude où le cortège floristique de l'ensemble des secteurs n'atteignait guère 30 espèces. [9] notaient que les perturbations dans la partie Sud-est du Niger pourraient être dû aux effets du changement climatique, au surpâturage et à l'ensablement. Ainsi [32] ayant obtenu une faible proportion des espèces à large distribution et une forte proportion des endémiques, ont souligné que la flore qu'ils ont étudiée n'est pas perturbée.

4.4 LA DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE ET LA SIMILITUDE DES HABITATS

Les indices de diversité floristique constituent des critères objectifs pour apprécier la diversité d'une communauté végétale. L'examen de l'indice de diversité de Shannon-Weaver H' et la régularité ou l'équitabilité de Piélou a fait ressortir un indice faible (1-2,5 bits) pour les dunes vives et le parcours naturel et moyen (3-4 bits) pour la dune traitée. En effet l'indice de Shannon prend des valeurs élevées dans une phytocénose quand il y a une équirépartition des espèces et prend des valeurs faibles quand il existe une dominance de certaines espèces par rapport aux autres. Dans le cas de cette étude, on peut aussi dire que quelques espèces recensées ont de forts recouvrements. La régularité ou l'équitabilité (comprise entre 0,7 et 0,8 est assez élevée dans les 3 habitats; il y a donc une régularité dans la flore étudiée. L'analyse de la diversité beta donnée par l'indice de similitude de Sørensen (> 60%) a fait ressortir des fortes ressemblances entre la dune traitée et le parcours naturel. Cela s'explique par le fait qu'un même petit groupe d'espèces domine largement le tapis herbacé au niveau de la dune traitée et du parcours naturel. Toutefois, la richesse spécifique S est plus importante sur la dune traitée (24 espèces) que les parcours naturels (10 espèces) et les dunes vives (3 espèces). Ces résultats sont similaires à ceux de [2] ayant dénombré 27 espèces réparties dans 13 familles sur différents types de dunes partiellement fixées dans le Sud-est Niger.

4.5 RECOUVREMENT, PHYTOMASSE ÉPIGÉE ET QUALITÉ DU FOURRAGE

La valeur pastorale brute a été plus importante sur la dune traitée (72,58%) qu'au niveau du parcours naturel (57,36%) et la dune vive (58,82%). Ce résultat s'explique par la forte pression animale au niveau de ces 2 autres habitats (parcours naturels et dunes vives) du fait de leur proximité avec les habitations qui fait en sorte que les espèces de bonne valeur pastorale, les plus appréciées, deviennent de plus en plus rares à cause de leur forte sélectivité par le bétail. Il en résulte une forte prolifération d'espèces envahissantes sans intérêt pastoral contrairement à la dune traitée sous mise en défens effective de 3 années. Dans une étude des parcours des différentes zones bioclimatiques de Maradi au Niger; [37] ont souligné l'effet de la pression animale sur les faibles proportions (7 à 10%) des espèces à bonne valeur pastorale obtenues. La prise en compte du recouvrement herbacé a conduit à l'obtention des valeurs pastorales nettes moyennes (environ 50%) sur les dunes traitées et les parcours naturels contre des valeurs nettes très faibles (< 3%) pour les dunes vives.

La production de la phytomasse brute a varié entre 2,43 T MS. ha⁻¹ pour le parcours naturel à 1,33 T MS. ha⁻¹ sur la dune traitée. Celle-ci a été quasi nulle (0,008 T MS. ha⁻¹) sur la dune vive. A Dadaria, dans les mêmes conditions pédoclimatiques, [27] ont obtenu des valeurs de phytomasse brute plus importantes de l'ordre de 3,4 T MS. ha⁻¹. Cette différence se justifierait par la bonne qualité des sols de l'enclave qui se trouve dans un bas-fond comparativement à celle des sols sableux dunaires sur lesquels repose parcours naturel dans la présente étude. Alors qu'en Algérie dans une étude sur l'évaluation d'un projet de fixation des dunes; des résultats proches ont été obtenu sur une dune vive et une autre fixée, respectivement 0,22 et 1,06 T MS. ha⁻¹ [7].

L'application des valeurs pastorales nettes à la phytomasse herbacée a permis d'estimer un fourrage qualifié qui a varié considérablement entre les 3 habitats selon l'ordre suivant: le parcours naturel (1,33 T MS. ha⁻¹), la dune traitée (0,7 T MS. ha⁻¹) et la dune vive ont produit respectivement (0,002 T MS. ha⁻¹). Cette tendance illustre une amélioration du couvert herbacé qui fait suite à l'établissement des palissades anti-érosives sur une dune vive qui a été souligné dans des études antérieures [2] – [4], [6], [16].

La combinaison de tous ces indicateurs confirme que la fixation de dune a permis la restauration efficace du couvert végétal. La qualité de la restauration est supérieure à celle des dunes restaurées qui sont loin des zones d'habitation [25], [26]. L'apport du fumier provenant du village de Guidan Kadji a certainement contribué à la qualité de la restauration du sol dunaire dégradé.

5 CONCLUSION

La présente étude vise à évaluer l'influence de palissades anti-érosives combinées à l'épandage du fumier et des semences dans la restauration écologique des dunes de sable. Elle contribue à une meilleure connaissance de la flore herbacée de la zone. La flore de la dune traitée est assez intéressante, la diversité floristique est moyenne et la régularité est bonne par contre pour les deux témoins (le parcours naturel et la dune vive), elle est faible avec une bonne régularité. Dans l'ensemble pour les trois (3) habitats étudiés, la flore est dominée par les Poaceae, le type biologique le plus abondant est le Thérophyte et l'affinité phytogéographique est marquée par une dominance-abondance des espèces à large distribution suivi de loin par les espèces Soudano-Zambiennes, les espèces limités au continent africain sont très peu représentées. Le taux du couvert herbacé est plus élevé au niveau du parcours naturel que la dune traitée, la dune vive est restée quasi nue. La flore affiche des espèces à bonne et moyenne valeurs pastorales et les quantités de fourrage (brut et qualifié) sont intéressantes sur la dune traitée et le parcours naturel. Il ressort donc que le traitement appliqué pour fixer la dune a permis d'améliorer le taux du couvert et la qualité de la végétation de la dune traitée. Cependant, une étude qui comparera l'efficacité de la fixation des dunes selon la proximité des zones d'habitation pourvoyeuse de fumier permettra de confirmer l'hypothèse défendue dans cette recherche.

REFERENCES

- [1] TIDJANI D.A, « Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger) : Paramétrisation, quantification et moyens de lutte », 2008.
- [2] M.MALAM ASSANE, K. J.-M., AMBOUTA, C. L. BIELDERS, et D. A., TIDJANI, « Caractérisation de la végétation des dunes dégradées du sud-est du Niger », *Environ. Water Sci. Public Health Territ. Intell.*, vol. 2, n° 4, p. 83-94, 2018.
- [3] D.A, TIDJANI, K J-M, AMBOUTA, et C.L, BIELDERS, « Réhabilitation d'une dune vive par fixation mécanique : flux éoliens, fertilité du sol et biodiversité des herbacées », *Geo-Eco-Trop*, vol. 33, n° Numéro spécial, p. 81-98, 2009.
- [4] L.O, Manzo, « Fixation des dunes dans le sud-est du Niger : évaluation de l'efficacité de la barrière mécanique, espèces ligneuses adaptées et potentialités d'inoculation mycorhizienne », 2009.
- [5] J. Li, G. S. Okin, L. Alvarez, et H. Epstein, « Quantitative effects of vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grassland of southern New Mexico, USA », *Biogeochemistry*, vol. 85, n° 3, p. 317-332, août 2007, doi: 10.1007/s10533-007-9142-y.

- [6] O. L. Manzo, M. Z. Allah, P. Ozer, R. Paul, et A. Mahamane, « La barrière mécanique anti-érosive influence la colonisation des dunes par les espèces végétales », p. 12, 2013.
- [7] A.-E. Adamou, M. Kouidri, A. Boutmedjet, et Z. Houyou, « Évaluation d'un projet de fixation de dunes dans une steppe », *Rev. Régions Arid.*, vol. 36, n° 1, p. 221-234, 2015.
- [8] AMBOUTA. J-M.K, Z. TOUDJANI, G. MAMAN, et A. BACHIR, « Etude sur l'inventaire et la caractérisation pédologique et hydraulique des cuvettes oasiennes dans le Département de Mainé-Soroa : Typologie des cuvettes et bas-fonds et possibilité d'exploitation agricole et de valorisation (rapport d'étude). AFVP & ONG KARKARA », AFVP&ONG KARKARA, Niger, Rapport d'étude, 2005. Consulté le: 3 novembre 2022.
[En ligne]. Disponible sur: https://reca-niger.org/IMG/pdf/Diffa_Typologie_cuvettes_Karkara-AFVP_2005.pdf
- [9] K. A. K. Kaou, O. L. Manzo, I. D. Guimbo, S. Karim, et R. Paul, « Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger : Cas de Mainé soroa », n° 120, p. 12053-12066, 2017.
- [10] I. Bio, H. Rabiou, I. Soumana, B. M. Mamoudou, et A. Mahamane, « Étude floristique des formations naturelles à Vachellia tortilis subsp. raddiana en zone sahélienne du Niger », *Rev. Marocaine Sci. Agron. Vét.*, vol. 9, n° 2, p. 230-241, 2021.
- [11] Z. TOUDJANI, A. BACHIR, et G. MAMAN, « Etude sur la Dynamique de l'Ensablement dans le Département de Mainé-Soroa : CARTOGRAPHIE DES SITUATIONS DE L'ENSABLEMENT », AFVP&ONG KARKARA, Niger, Rapport d'étude, 2004.
- [12] A. D. TIDJANI, A. A. Toure, J. L. Rajot, B. Marticorena, et C. L. Biolders, « Flux éolien et dynamique des fronts dunaires dans le Manga, sud-est du Niger », *Rev.Ivoir.Sci.Technol*, n° 28, p. 323-332, 2016.
- [13] G. BOCQUIER et M. GAVAUD, « Etude Pédologique du Niger oriental », Ministère de l'Economie Rurale, Service du Génie Rural, Niger, 1964.
- [14] M. GAVAUD, « Les sols bien drainés sur matériaux sableux du Niger : essai de systématique régionale », *CahORSTOMsér Pédol*, vol. 5, n° 3-4, p. 31, 1968.
- [15] Galadima M.M, Tidjani A.D, Bodo B.S, Ambouta J-M.K, et Bagna A.A, « Caracterisation_edapho_floristique_des_d-1.pdf », *Environ. Water Sci. Public Health Territ. Intell.*, vol. 4, n° 3, p. 460-470, 2020.
- [16] DAGET et J. POISSONET, « UNE METHODE D'ANALYSE PHYTOLOGIQUE DES PRAIRIES. CRITÈRES D'APPLICATION », *Ann. Agron.*, vol. 22, n° 1, p. 5-41, 1971.
- [17] B. P. De Fabrègues, *Lexique des plantes du Niger. Noms scientifiques. Noms vernaculaires*, Maisons-Alfor. GERDAT-IEMVT, 1979. Consulté le: 23 septembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <http://agritrop.cirad.fr/374394/>.
- [18] S. OUSEINA, S. Douma, A. Z. Djibo, et R. Fortina, « Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger): composition floristique et valeur pastorale », *Sécheresse*, vol. 21, n° 2, p. 154-160, avr. 2010, doi: 10.1684/sec.2010.0243.
- [19] E. Marcon, Mesures de la Biodiversité.
- [20] E. C. Pielou, « The measurement of diversity in different types of biological collections », *J. Theor. Biol.*, vol. 13, p. 131-144, déc. 1966, doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0.
- [21] A. L. AITONDJI, M. S. S. Toyi, B. Kassa, et B. Sinsin, « Caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques de la végétation des carrières en république du Bénin. », *REV. CAMES*, vol. 3, n° 2, p. 13-24, 2015.
- [22] L. E. AKPO et M. GROUZIS, « Valeur pastorale des herbages en région soudanienne : le cas des parcours sahéliens du nord-Sénégal », *TROPICULTURA*, vol. 18, n° 1, p. 1-8, 2000.
- [23] L. E. AKPO, D. MASSE, et M. GROUZIS, « Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal », *Rev. D'élevage Médecine Vét. Pays Trop.*, vol. 55, n° 4, p. 275-283, avr. 2002, doi: 10.19182/remvt.9815.
- [24] M. H. I. Souley, I. Chaibou, I. Soumana, A. Laouali, et A. Mahamane, « VALEURS PASTORALES ET PRODUCTIVITÉS INTER-DÉCENNALE DES PARCOURS DE LA VALLÉE DE GOULBI N'KABA AU NIGER », *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, vol. 24, n° 1, p. 220-239, 2018.
- [25] A.S.I, ABDOUL MAGID, A.M, MOUSTAPAHA, et A.D, TIDJANI, « Dune fixation by Mulching and palisade improved the ecological restoration of Ambouram Ali dunes (Maine Soroa / Niger) », *Environ. Water Sci. Public Health Territ. Intell.*, vol. 4, n° 4, p. 471-483, 2020.
- [26] M. M. Assane, A. D. Tidjani, O. L. Manzo, K. J.-M. Ambouta, et C. Biolders, « Les cuvettes oasiennes du Manga, Sud-Est Niger : un patrimoine à forte productivité agricole menacé d'ensablement, protégé par la fixation des dunes », *Afr. Sci.*, vol. 18, n° 2, p. 102-107, 2021.
- [27] I. Idrissa, I. Soumana, A. Alhassane, B. Morou, et A. Mahamane, « Caractérisation des ressources herbagères de l'enclave pastorale de Dadaria (Mainé-Soroa, Diffa) au Niger », *Rev. D'élevage Médecine Vét. Pays Trop.*, vol. 73, n° 3, p. 179-189, sept. 2020, doi: 10.19182/remvt.31889.
- [28] M. Serge, M. Elisée, B. A. Brahim, et M. P. Marie, « Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale) », *J. Anim. Plant Sci.*, vol. 25, n° 1, p. 3779-3813, mai 2015.
- [29] J. Yoka, J. J. Loumeto, J. Djego, et J. Vouidibio, « Évaluation de la diversité floristique en herbacées des savanes de la cuvette congolaise (République du Congo) », *Afr. Sci.*, vol. 9, n° 2, p. 110-123, 2013.

- [30] BOUSSARI, Farydh Ayinla Abiola, Sylvestre Abiola, CHAFFRA, Toussaint Olou, et LOUGBEGNON, Toussaint Olou, « Analyse des associations phytosociologiques autour des termitières épigées au sol dans le Sud de la dépression de la Lama au Bénin », *Rev. Espace Géographique Société Marocaine*, n° 33, p. 190-210, 2020.
- [31] K. G. Séverin, K. A. Faustine, et K. Kouakou, « Biodiversité, typologie et qualité du fourrage des parcours naturels périurbains de Bouaké au Centre de la Côte d'Ivoire », *J. Anim. Plant Sci.*, vol. 52, n° 1, p. 9362-9376, 2022.
- [32] R. E. Shutsha *et al.*, « Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation herbacée et du sous-bois de la réserve forestière de la Yoko (Province de la Tshopo, RD Congo) », *Int. J. Innov. Sci. Res.*, vol. 29, n° 2, p. 119-136, 2017.
- [33] P. Poilecot, *Les Poaceae du Niger: description, illustration, écologie, utilisations*. Genève, Suisse: Conservatoire et Jardin botaniques, 1999.
- [34] A. O. M. Vall, A. O. I. Boumediana, A. O. Soule, M. Gueye, et J.-N. Labat, « Contribution à l'étude de la flore de Mauritanie », *Bull. L'Institut Sci. Rabat Sect. Sci. Vie*, vol. 2, n° 33, p. 53-64, 2011.
- [35] N. Adi, S. Amrani, A. Hirche, A. Boughani, et D. Nedjraoui, « Diversité biologique et phytogéographique pour des niveaux différents de salinité dans la région du Chott-Ech-Chergui (sud-ouest de l'Algérie) », *Rev. D'Ecologie Terre Vie Société Natl. Prot. Nat.*, vol. 71, n° 4, p. 342-355, 2016.
- [36] F. Gbesso, J. Logbo, O. T. Lougbegnon, et B. Tente, « Caractérisation de la flore et de la végétation du site archéologique d'Agongointo et de sa périphérie (Commune de Bohicon, Bénin) », *Rev. Int. Sci. Appliquées*, vol. 1, n° 2, p. 39-48, 2018.
- [37] A. ALHASSANE, I. SOUMANA, I. CHAIBOU, S. KARIM, A. MAHAMANE, et M. SAADOU, « Productivité, valeur pastorale et capacité de charge des parcours naturels de la région de Maradi, Niger », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 12, n° 4, p. 1705-1716, déc. 2018, doi: 10.4314/ijbcs.v12i4.15.