

Effets de la fixation des dunes sur la diversité floristique et la structure des peuplements ligneux dans Sud-est du Niger

Kollo KIARI AYIMI KOLO KAOU*, Laouali ABDOU, Maman Kamal ABDOU HABOU
et Boukar Kellou KAKA KIARI

Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques et Ecologiques, Laboratoire de Recherche en Agroécologie et Sciences de l'Environnement, BP 78, Diffa, Niger

(Reçu le 29 Août 2025 ; Accepté le 14 Octobre 2025)

* Correspondance, courriel : kariayimi@gmail.com

Résumé

La présente étude a été conduite dans le département de Mainé Soroa au Sud-est du Niger. Elle a pour objectif d'évaluer la diversité et la structure des peuplements ligneux des dunes fixées. La collecte des données a été réalisée sur les dunes fixées (Anciennes Dunes Fixées et Nouvelles Dunes Fixées) et les dunes non fixées (le témoin). Pour ce faire, des relevés dendrométriques ont été réalisés dans 90 placettes de 1000 m² (50m x 20m). La régénération a été évaluée dans des placeaux de 25 m². Au total 13 espèces ligneuses ont été identifiées et réparties en 11 genres et 7 familles. Les Anciennes Dunes Fixées et les Nouvelles Dunes Fixées ont la même richesse spécifique (10 espèces chacune) et les Dunes Non Fixées présentent moins d'espèces (5 espèces). La densité d'arbres ($66,33 \pm 44,68$ arbres/ha) la plus élevée a été trouvée dans les Anciennes Dunes Fixées, et la plus faible a été constatée dans les Dunes Non Fixées ($2 \pm 4,84$ arbres/ha). La forte densité de régénération a été observée dans les Nouvelles Dunes Fixées ($78,67 \pm 52,57$ tiges/ha) et la plus faible dans les Dunes Non Fixées ($8,67 \pm 17,76$ tiges/ha). La zone d'étude présente de faibles valeurs d'indices de diversité de Shannon-Weaver (1,59 bits) et de la régularité de Pielou (0,21). L'indice de similarité de Sørensen a indiqué que les trois milieux comparés sont tous similaires (degré de similarité > 50 %). Les structures en diamètre des peuplements ligneux présentent une densité importante d'individus à faibles diamètres par rapport à ceux de gros diamètres. Ces données pourraient être utiles pour améliorer la technique de la fixation des dunes et gérer durablement les espèces ligneuses des dunes fixées.

Mots-clés : *ligneux, dunes fixées, paramètres dendrométriques, Mainé Soroa.*

Abstract

Effects of dune stabilization on floristic diversity and the structure of woody stands in southeastern Niger

This study was conducted in the Mainé Soroa department in southeastern Niger. Its objective was to assess the diversity and structure of woody vegetation on stabilized dunes. Data were collected on stabilized dunes (Old Stabilized Dunes and New Stabilized Dunes) and unstabilized dunes (the control). Dendrometric surveys were carried out in 90 plots of 1000 m² (50m x 20m). Regeneration was assessed in 25 m² plots. A total of

13 woody species were identified, belonging to 11 genera and 7 families. Old Fixed Dunes and New Fixed Dunes had the same species richness (10 species each), while Unfixed Dunes had fewer species (5 species). The highest tree density ($66,33 \pm 44,68$ trees/ha) was found in Old Fixed Dunes, and the lowest in Unfixed Dunes ($2 \pm 4,84$ trees/ha). The highest regeneration density was observed in New Fixed Dunes ($78,67 \pm 52,57$ stems/ha), and the lowest in Unfixed Dunes ($8,67 \pm 17,76$ stems/ha). The study area exhibits low Shannon-Weaver diversity index values (1,59 bits) and Pielou regularity index values (0,21). The Sørensen similarity index indicated that the three compared environments are all similar (degree of similarity > 50 %). The diameter structures of the woody stands show a high density of small-diameter individuals compared to large-diameter individuals. This data could be useful for improving dune stabilization techniques and for the sustainable management of woody species in stabilized dunes.

Keywords : *woody vegetation, fixed dunes, dendrometric parameter, Maïné Soroa.*

1. Introduction

Les ligneux jouent un rôle très important dans l'environnement, car ils contribuent à la fertilité des sols et à la lutte contre la désertification [1]. Ils permettent également de créer un microclimat favorable aux cultures [2]. De plus, les ligneux procurent aux humains divers produits destinés à l'alimentation, aux médicaments traditionnels, aux bois (de feu, d'œuvre et de service) et au fourrage etc. [3, 4]. Cependant, les conditions climatiques et la pression anthropique aggravée par la croissance démographique et la baisse de la productivité des terres ont entraîné la dégradation de cette ressource végétale [5, 6]. Au Niger, la végétation ligneuse est soumise à une forte pression anthropique. En effet, plus de 90 % des ménages nigériens utilisent de bois comme source d'énergie domestique [7]. Cette ressource est souvent victime d'un prélèvement anarchique et incontrôlé, et créant une situation de dégradation accélérée du couvert végétal [8]. En plus des activités humaines, la sécheresse a également contribué à la dégradation de la végétation ligneuse au Niger [9]. Dans le département Maïné Soroa (Sud-est du Niger), les menaces qui pèsent sur les plantes ligneuses sont principalement le surpâturage et l'avancée du front dunaire [10]. La disparition de la végétation donne lieu à des mouvements de sables [11]. Ces derniers menacent d'ensevelir les terres de cultures, les espaces pastoraux, les villages, les infrastructures socio-économiques et surtout les cuvettes oasiennes qui constituent de véritables sources de productions agricoles et de revenus pour les populations [12, 13]. Pour faire face à cette situation, l'Etat nigérien et ses partenaires ont fait recours à la technique de fixation des dunes pour restaurer les terres dégradées [14]. Cette technique de restauration des terres permet un retour du couvert végétal et améliore la structure du sol [15]. La présente étude vise à évaluer la diversité et la structure des peuplements ligneux des dunes fixées du sud-est du Niger.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans le département de Maïné Soroa, plus exactement dans les communes de Maïné Soroa, de Foulatari et de N'guel beyli. Ces communes sont situées entre $13^{\circ}05'$ et $14^{\circ}30'$ de latitude Nord et $10^{\circ}35'$ et $12^{\circ}30'$ de longitude Est avec une superficie de 15000 Km². Les sites d'étude sont les terroirs de : Darsarom (commune de Maïné Soroa), Foulatari (commune de Foulatari) et N'guel beyli (commune de N'guel beyli) (**Figure 1**). Le relief de la zone d'étude est caractérisé par des plaines et des dunes, des cuvettes oasiennes et des bas-fonds [16]. Le climat est du type sahélien déterminé par trois (3) saisons. Une saison sèche froide (novembre à février), une saison sèche chaude (mars à juin) et une saison de pluies

(juillet à octobre) [17]. La pluviosité moyenne de 1990 à 2019 est de 393 mm [18]. Les différents types de sols généralement rencontrés dans le département de Maïné Soroa sont les sols des plaines et plateaux dunaires constitués principalement de sable fin profond, les sols des bas-fonds et les sols des cuvettes humides où les cultures maraîchères et fruitières sont pratiquées lorsque la teneur en sels n'est pas très élevée [19]. La zone d'étude se compose d'une végétation de type steppique ouverte, présentant des petites unités contractées de ligneux surtout [20]. La strate arborée est dominée principalement par les Fabaceae, des Euphorbiaceae et des combretaceae et le couvert végétal herbacé est particulièrement dominé par les Poaceae [21].

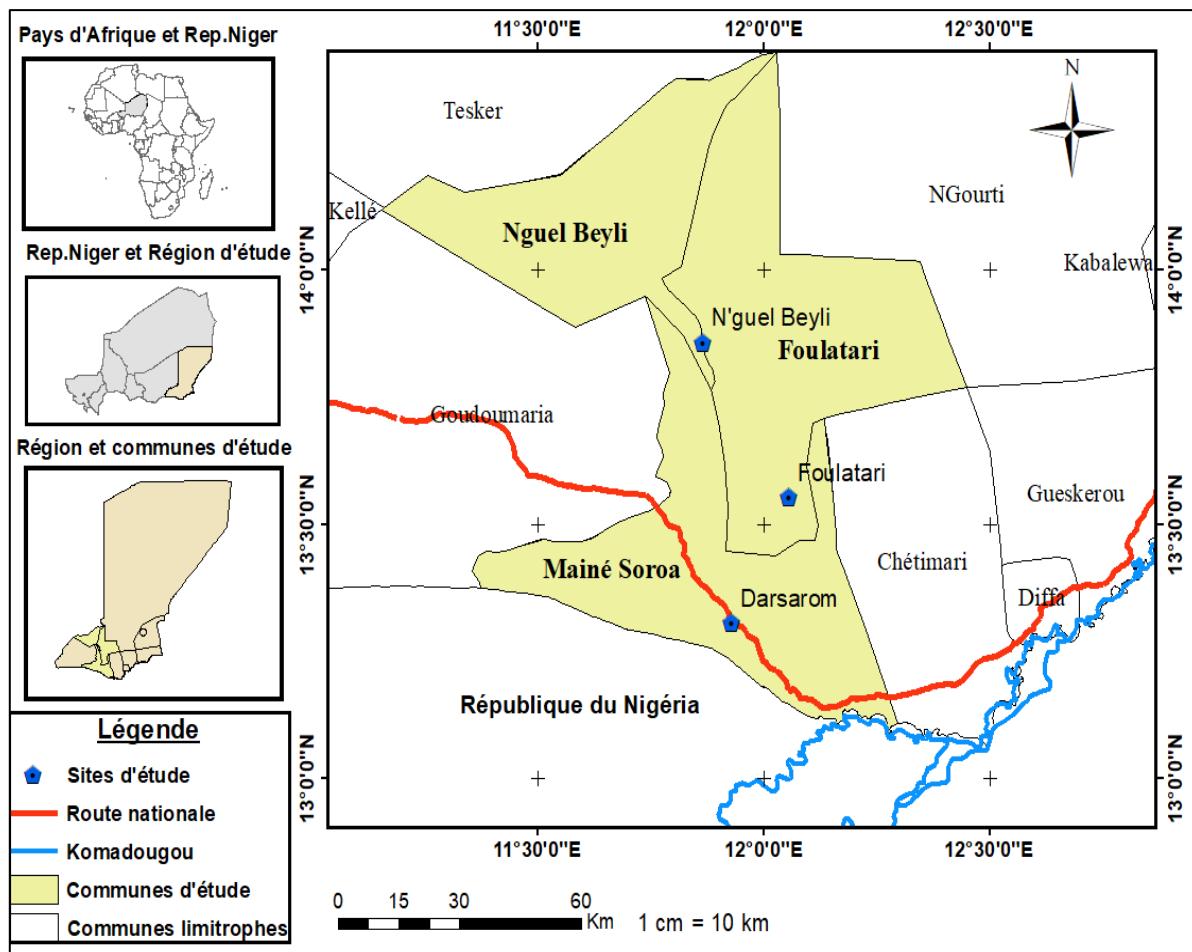


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2-2. Échantillonnage

La collecte de données sur la flore ligneuse a été réalisée dans trois (3) terroirs du département de Maïné Soroa. Il s'agit de terroir de Darsarom (commune de Maïné Soroa), de Foulatari (commune de Foulatari) et celui de N'guel Beyli (commune de N'guel Beyli). Les relevés dendrométriques ont été effectués dans trois différents types d'habitats à savoir : les Anciennes Dunes Fixées (ADF), les Nouvelles Dune Fixées (NDF) et les Dunes Non Fixées (DNF) (les dunes vives). Les caractéristiques des sites d'études sont données dans le (**Tableau 1**). L'inventaire des espèces ligneuses a été mené sur la base d'un échantillonnage stratifié. A cet effet, des transects parallèles distants de 150 m ont été installés sur une seule unité géomorphologique (les dunes). Ainsi, sur chaque transect, des placettes d'inventaire de 1000 m² (50 m x 20 m) et équidistantes de 100 m ont été placées. Au total 90 relevés ont été réalisés dans l'ensemble de la zone d'étude.

Tableau 1 : Caractéristiques des sites d'études

Sites		Age (an)	Superficie (ha)	Type de traitement reçu	Coordonnées GPS
Darsarom	Ancienne Dune Fixée	13	90	Palissades à base des rachis de doum suivi de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,30620° E : 11,92647°
	Nouvelle Dune Fixée	1	75	Palissades à base des rachis de doum suivi de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,30032° E : 11,93124°
Foulatari	Ancienne Dune Fixée	12	15	Palissades à base des branchages de <i>L. pyrotechnica</i> suivie de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,54323° E : 12,05892°
	Nouvelle Dune Fixée	1	80	Épandage à base des branchages de <i>P. juliflora</i> et des déchets suivie de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,54951° E : 12,04888°
Nguel beyli	Ancienne Dune Fixée	13	100	Palissades à base des branchages de <i>L. pyrotechnica</i> suivie de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,84904° E : 11,86695°
	Nouvelle Dune Fixée	1	98	Palissades à base des branchages de <i>L. pyrotechnica</i> suivie de la plantation de <i>P. juliflora</i>	N : 13,86261° E : 11,86377°

2-3. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée entre septembre et octobre. Ainsi, pour caractériser les peuplements ligneux, la hauteur totale des individus a été mesurée à l'aide d'une perche en bois graduée. La mesure de circonférence à 1,30 m pour les arbres et à 20 cm du sol pour les arbustes et le diamètre du houppier dans les deux directions perpendiculaires de chaque individu recensé a été effectuée en se servant d'un mètre ruban de 50 m. Les individus dont le diamètre est inférieur à 5 cm étaient considérés comme de jeunes arbres de régénération [22, 23]. Cette régénération a été évaluée dans cinq placeaux de 25m² (5m × 5m) repartis dans les quatre angles et au centre de la placette [24].

2-4. Traitement et analyse des données

2-4-1. Indices de diversité

Pour quantifier la diversité spécifique de la zone d'étude, les indices de diversité suivants ont été calculés : la richesse spécifique, les indices de diversité alpha (Shannon-Weaver et d'équitabilité de Pielou) et l'indice de diversité bêta (Sorensen).

2-4-1-1. Richesse spécifique

La richesse spécifique (S) est le nombre total d'espèces que compte une communauté végétale étudiée [25].

2-4-1-2. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver tient compte du nombre d'espèces inventoriées et de leurs abondances, il est utilisé pour évaluer l'hétérogénéité et la diversité d'un biotope [26]. Cet indice est déterminé selon la **Formule** suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \text{ avec } p_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

H : l'indice de diversité spécifique de Shannon et Weaver ; pi : le poids de l'espèce i ; N = le nombre total d'espèces ; ni = fréquence de l'espèce i. L'indice de Shannon s'exprime en bits et varie de 0 à 5. H varie en fonction du nombre d'espèces et de leur abondance relative, plus H est élevé, plus la diversité est grande [27].

2-4-1-3. Indice d'équitabilité de Pielou (1966)

L'indice d'équitabilité de Pielou permet d'évaluer le poids de chaque espèce dans l'occupation de l'espace [17]. Il s'exprime par la **Formule** suivante :

$$E = \frac{H}{\log_2 S} \quad (2)$$

avec, E : l'indice d'équitabilité de Pielou ; S : le nombre total d'espèces de tous les relevés et H : l'indice de Shannon-Weaver. L'indice d'équitabilité de Pielou varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 lorsque quelques espèces dominent, c'est-à-dire dont le nombre d'arbres est significativement supérieur à celui des autres espèces (dominées), et vers 1 lorsque la répartition du nombre d'arbres par espèce n'est pas significativement différente [28].

2-4-1-4. Indice de diversité bêta

L'indice de Sørensen a été utilisé pour mesurer la similitude en espèces entre deux habitats. Il permet de comparer l'évolution des listes floristiques et d'apprécier l'importance du remplacement des espèces [29]. Il se calcule par la **Formule** suivante :

$$\beta = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100 \quad (3)$$

C : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats ; S_1 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 1 ; S_2 : représente le nombre d'espèces pour l'habitat 2. L'indice de Sørensen varie de 0 à 100 %. Plus les listes ont des espèces en commun, plus β tend vers 100 %. Plus les deux listes floristiques sont dissemblables, plus la valeur de β tend vers 0.

2-4-2. Indice de Valeur d'Importance

L'Indice de Valeur d'Importance (IVI) de chaque espèce a été calculé. Cet indice permet de déterminer l'importance écologique d'une espèce dans un peuplement [30]. Il varie de 0 à 300 % et se calcule selon la **Formule** suivante :

$$IVI = FR (\%) + DRe (\%) + DR (\%) \quad (4)$$

où, FR est la fréquence relative d'une espèce, c'est le rapport de sa fréquence spécifique (nombre de placeaux dans lesquels elle est présente) au total des fréquences spécifiques ; DRe , la dominance relative d'une espèce ; c'est le quotient de son aire basale (surface terrière) par le total des aires basales des espèces ; DR , la densité relative d'une espèce ; c'est le rapport de sa densité absolue au total des densités absolues.

2-4-3. Paramètres dendrométriques

Les paramètres dendrométriques ont été déterminés d'abord à l'échelle de la placette puis par habitats. Ainsi, les paramètres dendrométriques suivants ont été ainsi calculés :

2-4-3-1. Densité

$$N = \frac{n}{S} \quad (5)$$

où, N = le nombre moyen d'individus par hectare, n = le nombre total des individus inventoriés dans la placette ; S = Superficie de la placette exprimée en hectare.

2-4-3-2. Surface terrière (G) en m^2ha^{-1}

$$G = \frac{\pi}{40000} S \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (6)$$

où, G : Surface terrière ; S : Superficie de la placette (m^2) ; d_i = le diamètre (cm) de l'arbre i de la placette et $\pi = 3,1416$.

2-4-3-3. Diamètre moyen (cm)

$$D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (7)$$

où, D_g : diamètre moyen (cm) ; n : nombre total de tiges rencontrées dans la placette et d_i : diamètre de la tige i (cm).

2-4-3-4. Hauteur moyenne de Lorey (H_L) en mètre

$$H_L = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \text{ avec } g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2 \quad (8)$$

avec, H_L : hauteur moyenne de Lorey (m) ; g_i : la surface terrière de l'individu i (m^2/ha) ; h_i : la hauteur de l'individu i (m) et d_i le diamètre de l'individu i (cm).

2-4-4. Distribution en classes de diamètre

La structure du peuplement ligneux à l'échelle des habitats s'est effectuée à travers l'analyse des histogrammes de distribution de fréquences relatives calculées par classes de diamètre. Elle permet de connaître la structure globale de la formation végétale et l'effet des perturbations sur la structure des communautés [31]. Pour cela, la structure en diamètre de l'ensemble des individus de diamètre supérieur ou égal à 5 cm de toutes les espèces ligneuses répertoriées sur le terrain ont été établies par classes égales d'amplitudes 5. Les différentes structures observées ainsi construites ont été ajustées à la distribution théorique de Weibull à 3 paramètres (a , b et c) à l'aide du logiciel Minitab 18. La fonction de densité de probabilité de la distribution de Weibull F est calculée selon la **Formule** suivante :

$$F(x) = \frac{a}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (9)$$

x : diamètre ou hauteur des arbres ; $F(x)$: valeur de densité de probabilité au point x ; a : est le paramètre de position ; b : est le paramètre d'échelle (ou de taille) ; c : est le paramètre de forme lié à la structure observée (**Tableau 2**).

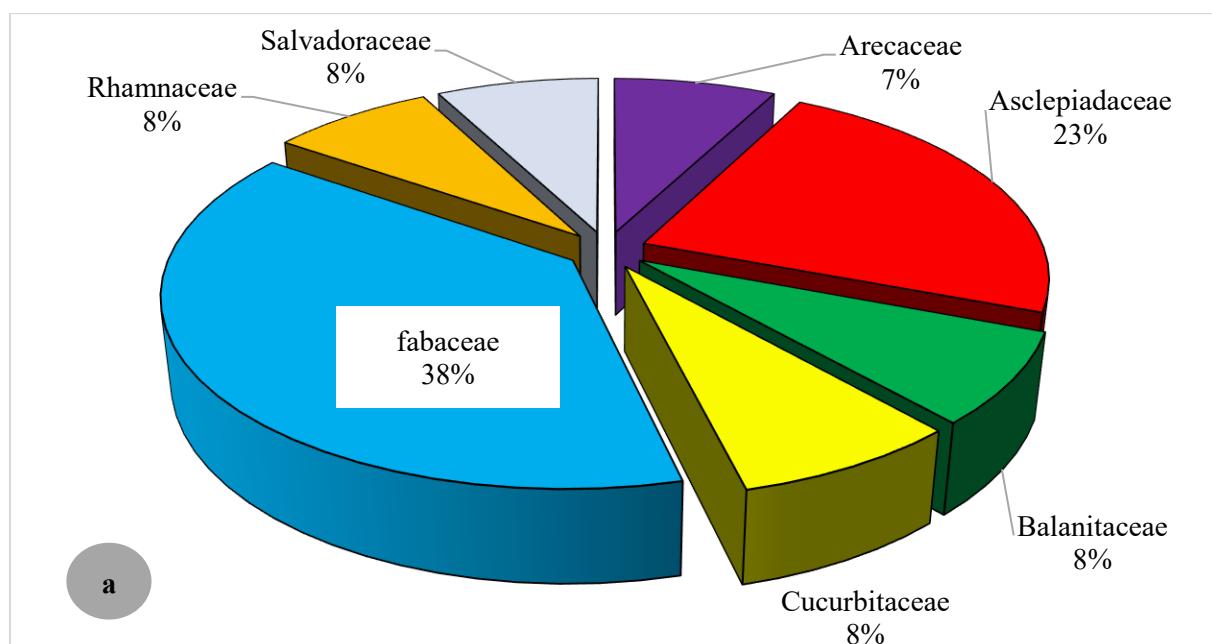
Tableau 2 : Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre C.

$C < 1$	Distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multispécifiques ou inéquiennes.
$C = 1$	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction.
$1 < C < 3,6$	Distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre.
$C = 3,6$	Distribution symétrique ; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.
$C > 3,6$	Distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés.

3. Résultats

3-1. Richesse spécifique

L'inventaire de la flore ligneuse de la zone a permis de recenser 13 espèces appartenant à 11 genres et 7 familles (**Figure 2 a)**. En fonction de types d'habitats, 10 espèces ont été identifiées dans les Anciennes Dunes Fixées (ADF) qui sont réparties en 8 genres et 4 familles. La famille la plus représentée est celle des Fabaceae avec 5 espèces soit 50 %, suivie des Asclepiadaceae avec 3 espèces soit 30 %. Les familles des Rhamnaceae et des Arecaceae sont représentées chacune par une seule espèce soit 10 % (**Figure 2 b)**. Dans les Nouvelles Dunes Fixées (NDF), 10 espèces ligneuses ont également été inventoriées. Ces espèces sont réparties en 10 genres et 6 familles. Les familles les plus riches en espèces sont les Fabaceae avec 4 espèces soit 40 % puis les Asclepiadaceae avec 2 espèces soit 20 %. Les familles des Cucurbitaceae, Salvadoraceae, Balanitaceae et Arecaceae sont représentées chacune par une seule espèce soit (10 %) (**Figure 2 c)**. Dans les Dunes Non Fixées (DNF), 5 espèces ont été répertoriées. Elles appartiennent à 5 genres et 4 familles. La famille la mieux représentée est celle des Asclepiadaceae avec 2 espèces soit 40 %. Les familles des Balanitaceae, Salvadoraceae et Fabaceae sont représentées chacune par une seule espèce soit (20 %) (**Figure 2 d)**.



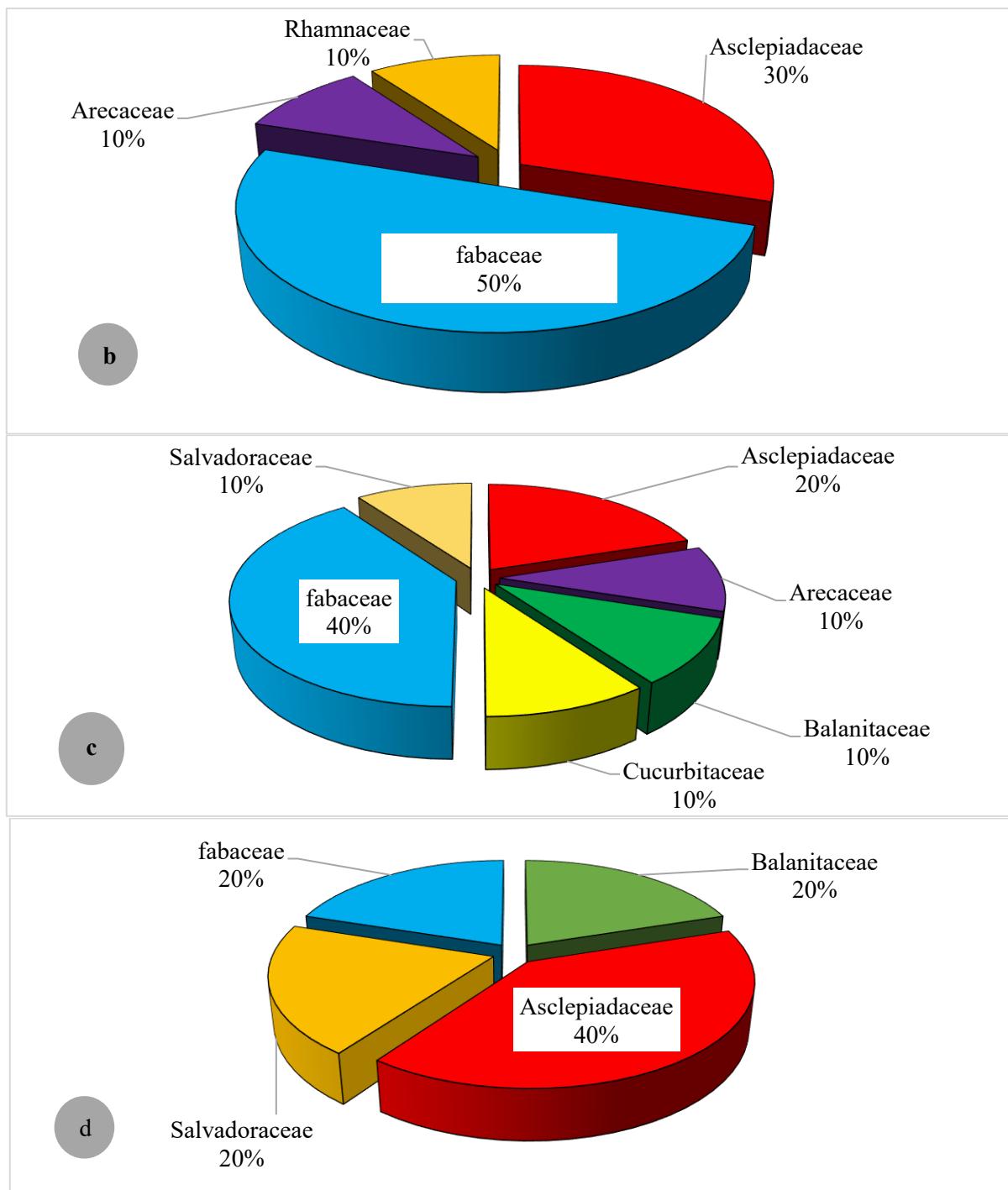


Figure 2 : Fréquence des familles des espèces ligneuses recensées dans la zone d'étude (a), dans les Anciennes Dunes Fixées (b), dans les Nouvelles Dunes Fixées (c) et dans les Dunes Non Fixées (d)

3-2. Indices de diversité

3-2-1. Indices de diversité et de régularité

Le **Tableau 3** présente les indices de diversité biologique de la zone d'étude et des habitats. Ce **Tableau** montre que la richesse spécifique (13 espèces), l'indice de diversité de Shannon-Weaver (1,59 bits) et celui d'équitabilité de Pielou (0,21) de la zone sont tous faibles. Selon les types habitats, la plus grande valeur de l'indice de Shannon-Weaver (2,05 bits) est obtenue dans les Nouvelles Dunes Fixées et la plus petite valeur

(1,05 bits) est trouvée au niveau des Dunes Non Fixées. Quant à l'équitabilité de Pielou (E), la forte valeur (0,25) est enregistrée dans les Nouvelles Dunes Fixées et la plus faible (0,19) dans les Anciennes Dunes Fixées. Les valeurs de ces deux indices montrent que les habitats investigues ont une diversité faible ou très peu d'espèces se partagent le recouvrement au sein des trois habitats.

Tableau 3 : Indices de diversité biologique

	Anciennes Dunes Fixées	Nouvelles Dunes Fixées	Dunes Non Fixées	Zone d'étude
Richesse spécifique (S)	10	10	5	13
Indice de Shannon (H)	1,67	2,05	1,05	1,59
Equitabilité de Pielou (E)	0,19	0,25	0,21	0,21

3-2-2. Indice de similarité

L'analyse de degré de similarité entre les trois habitats montre que ceux-ci sont tous similaires avec des indices de similarité de Sørensen supérieurs à 50 %. La plus grande ressemblance (degré de similarité = 70 %) a été observée entre les Anciennes Dunes Fixées et les Nouvelles Dunes Fixées. Le plus faible degré de similarité (degré de similarité = 53,33 %) est obtenu entre les Anciennes Dunes Fixées et les Dunes Non Fixées (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Indice de similarité de Sørensen

Habitats	Anciennes Dunes Fixées	Nouvelles Dunes Fixées	Dunes Non Fixées
Anciennes Dunes Fixées	100		
Nouvelles Dunes Fixées	70	100	
Dunes Non Fixées	53,33	66,66	1000

3-3. Indice de Valeur d'Importance (IVI)

Le **Tableau 5** renseigne les espèces écologiquement importantes de la zone d'étude en fonction de types d'habitats. Il montre que l'Indice de Valeur d'Importance (IVI) varie d'un habitat à un autre. Dans les Anciennes Dunes Fixées, les espèces à grande importance écologique ayant un Indice de Valeur d'Importance supérieur ou égal 10 % sont *Prosopis juliflora*, *Vachellia tortilis*, *Calotropis procera* et *Prosopis chilensis* avec respectivement 217,40 %, 37,65 %, 16,58 % et 12,04 % d'IVI. Les espèces comme *Leptadenia pyrotechnica* (IVI = 8,03 %), *Senegalalia senegal* (IVI = 5,39 %) et *Hyphaene thebaica* (IVI = 2,87 %) ont un Indice de Valeur d'Importance inférieur à 10%. L'espèce *Prosopis juliflora* marque la physionomie des Anciennes Dunes Fixées. Pour les Nouvelles Dunes Fixées, les espèces dominantes sont les *Calotropis procera* (IVI = 65,51 %), *Vachellia tortilis* (IVI = 63,85 %), *Leptadenia pyrotechnica* (IVI = 54,91 %), *Balanites aegyptiaca* (IVI = 52,46 %), *Prosopis juliflora* (IVI = 28,13 %), *Faidherbia albida* (IVI = 17,60 %) et *Maerua crassifolia* (IVI = 10,01 %). Dans cet habitat, la seule espèce ayant obtenu un Indice de Valeur d'Importance plus petit que 10 % est *Salvadora persica* (IVI = 7,49 %). Les Dunes Non Fixées ont comme espèces écologiquement importantes *Calotropis procera* (IVI = 176,82 %) et *Vachellia tortilis* (IVI = 123,17 %). La physionomie des Nouvelles Dunes Fixées et des Dunes Non Fixées est marquée par l'espèce *Calotropis procera*.

Tableau 5 : Indices de Valeurs d'Importance (IVI) des différents habitats

Espèces	Fréquence relative	Dominance basale (%)	Dominance relative (%)	IVI %
Anciennes Dunes Fixées (ADF)				
<i>Prosopis juliflora</i>	84,42	77,88	55,10	217,40
<i>Vachellia tortilis</i>	7,03	18,37	12,24	37,65
<i>Calotropis procera</i>	3,01	1,32	12,244	16,58
<i>Prosopis chilensis</i>	2,51	1,37	8,16	12,04
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	1,50	0,40	6,12	8,03
<i>Senegalia senegal</i>	1,00	0,31	4,08	5,39
<i>Hyphaene thebaica</i>	0,50	0,33	2,04	2,87
Total	100	100	100	300
Nouvelles Dunes Fixées (NDF)				
<i>Calotropis procera</i>	33,33	6,09	26,08	65,51
<i>Vachellia tortilis</i>	16,66	29,79	17,39	63,85
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	25	8,17	21,73	54,91
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5,55	38,21	8,69	52,46
<i>Prosopis juliflora</i>	11,11	3,98	13,04	28,13
<i>Faidherbia albida</i>	2,77	10,48	4,34	17,60
<i>Maerua crassifolia</i>	2,77	2,88	4,34	10,01
<i>Salvadora persica</i>	2,77	0,36	4,34	7,49
Total	100	100	100	300
Dunes Non Fixées (DNF)				
<i>Calotropis procera</i>	83,33	13,49	80	176,82
<i>Vachellia tortilis</i>	16,66	86,50	20	123,17
Total	100	100	100	300

3-4. Paramètres dendrométriques

Le **Tableau 6** présente une comparaison des moyennes des paramètres dendrométriques des trois habitats étudiés. Il montre qu'il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les trois habitats pour la densité, le taux de recouvrement, la surface terrière et la densité de régénération. Pour le diamètre moyen et celui de houppier et la hauteur de Lorey, il n'y a pas une différence significative ($P > 0,05$) entre ces milieux. Néanmoins, les plus fortes valeurs de la densité ($66,33 \pm 44,68$ arbres/ha), du taux de recouvrement ($22,49 \pm 18,44\%$), de la surface terrière ($0,71 \pm 0,59 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), de la hauteur de Lorey ($5,14 \pm 2,08$ m) et du diamètre du houppier ($5,65 \pm 2,36$ m) ont été observées dans les Anciennes Dunes Fixées. Les plus grandes valeurs de la densité de régénération ($78,67 \pm 52,57$ tiges/ha) et du diamètre moyen ($13,23 \pm 9,46$ cm) ont été obtenues dans les Nouvelles Dunes Fixées. Les plus faibles valeurs des paramètres étudiés : la densité ($2 \pm 4,84$ arbres/ha), le taux de recouvrement ($0,44 \pm 1,99\%$), la surface terrière ($0,03 \pm 0,17 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), hauteur de Lorey ($3,33 \pm 3,23$ m), diamètre du houppier ($4,24 \pm 4,3$ m) et la densité de régénération ($8,67 \pm 17,76$ tiges/ha) excepté du diamètre moyen (cm) ont été enregistrées dans les Dunes Non Fixées.

Tableau 6 : Comparaison des moyennes des paramètres dendrométriques entre les habitats (moyenne \pm écart-type)

Paramètres dendrométriques	Habitats			Probabilité
	Anciennes Dunes Fixées	Nouvelles Dunes Fixées	Dunes Non Fixées	
Densité (arbres/ha)	66,33 \pm 44,68a	12 \pm 20,07b	2 \pm 4,84b	0,001
Taux de recouvrement (%)	22,49 \pm 18,44a	2,51 \pm 5,58b	0,44 \pm 1,99b	0,001
Diamètre moyen (cm)	11,49 \pm 3,76a	13,23 \pm 9,46a	11,87 \pm 13,03a	0,771
Surface terrière (m ² /ha)	0,71 \pm 0,59a	0,16 \pm 0,34b	0,03 \pm 0,17b	0,001
Hauteur de Lorey (m)	5,14 \pm 2,08a	4,33 \pm 3,38a	3,33 \pm 3,23a	0,308
Diamètre du houppier (m)	5,65 \pm 2,36a	5,23 \pm 4,5a	4,24 \pm 4,3a	0,653
Densité de régénération (tiges/ha)	57,7 \pm 83,4a	78,67 \pm 52,57a	8,67 \pm 17,76b	0,001

Sur chaque ligne, les valeurs accompagnées par des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$.

3-5. Structure démographique des peuplements ligneux

3-5-1. Structure en classes de diamètre

La structure en classes de diamètres des peuplements ligneux au niveau des trois habitats est présentée par la **Figure 3**. Elle varie d'un habitat à l'autre. Cette structure a été ajustée à la distribution théorique de Weibull à 3 paramètres ($P > 0,05$). Dans les Anciennes Dunes Fixées (ADF) la structure montre une distribution caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre. La valeur du paramètre de forme c est comprise entre 1 et 3,6. Les individus de la classe de 5 à 10 cm de diamètre sont les plus dominants soit 57,42 % de l'effectif total (**Figure 3 a**). Pour les Nouvelles Dunes Fixées et les Dunes Non Fixées les structures indiquent une distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multi-spécifiques ou inéquiennes avec la valeur de paramètre de forme $c < 1$. Les Nouvelles Dunes Fixées et les Dunes Non Fixées présentent un taux important d'individus de faible diamètre (compris entre 5 et 10 cm), avec respectivement 77,14 % et 83,33 % (**Figure 3 b, c**). Pour l'ensemble de structures en diamètre réalisée, les individus à gros diamètre sont faiblement représentés.

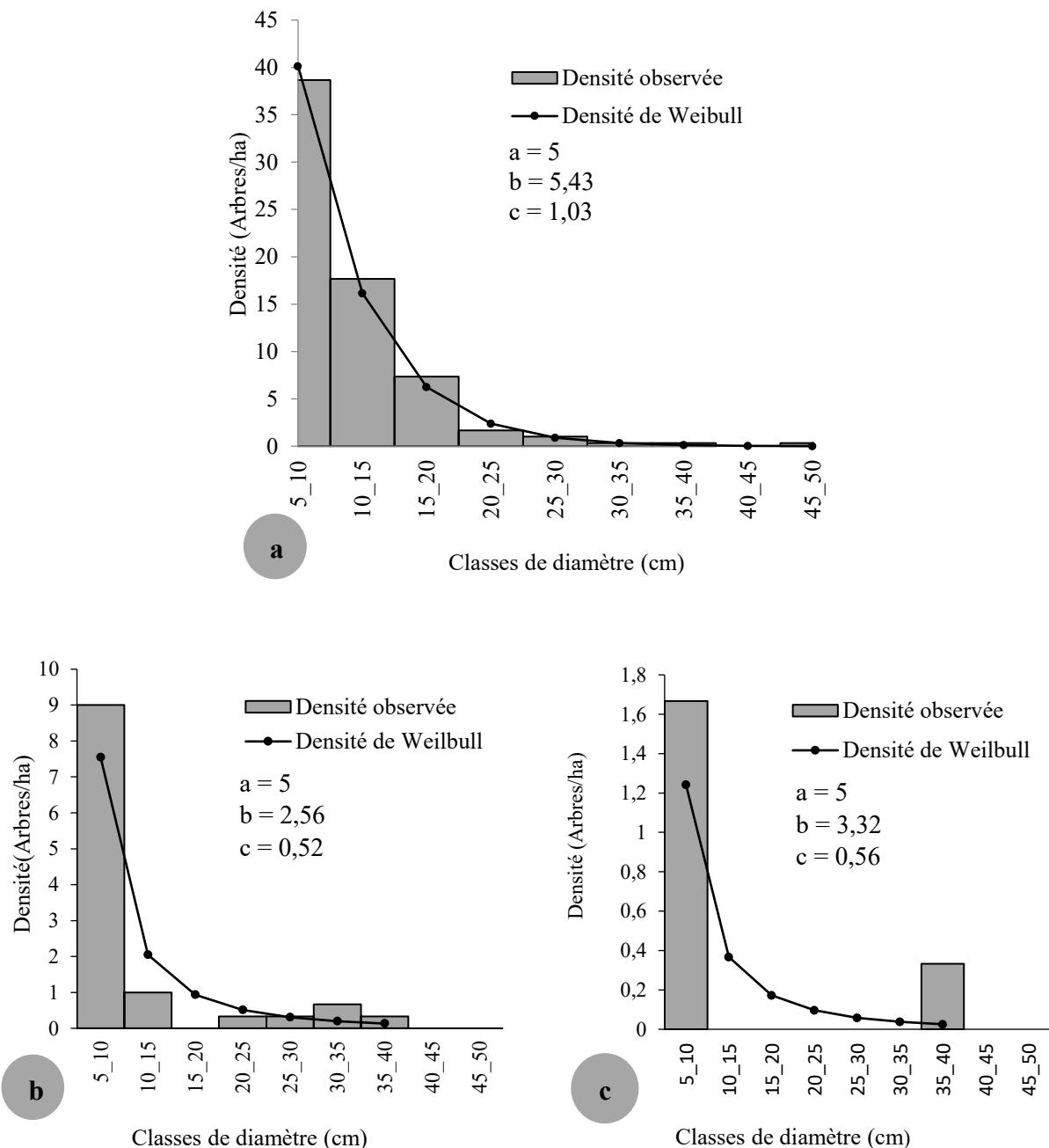


Figure 3 : Structure en diamètre de l'ensemble des ligneux dans les Anciennes Dunes Fixées (a), dans les Nouvelles Dunes Fixées (b) et dans les Dunes Non Fixées (c)

3-5-2. Structure en classes de diamètre des espèces de grande importance écologique

La distribution des individus par classes de diamètre des espèces ayant un Indice de Valeur d'Importance $IVI \geq 10$ a été effectuée dans les dunes fixées (les Anciennes Dunes Fixées et les Nouvelles Dunes Fixées). Dans les Anciennes Dunes Fixées, la structure diamétrique pour les espèces *P. juliflora*, *V. tortilis*, *C. procera* et *P. chilensis* a été réalisée. Toutes ces quatre espèces présentent une distribution caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre ($1 < c < 3,6$). La structure des espèces *P. juliflora*, *C. procera* et *P. chilensis* est dominée par des sujets de la classe de diamètre compris entre 5 et 10 cm. La structure de l'espèce *V. tortilis* est représentée par des individus de la classe de diamètre compris entre 10 et 15 cm. Les individus de diamètre supérieur ou égal à 20 cm sont

moins importants ou quasi absents (**Figure 4 a, b, c, d**). Dans les Nouvelles Dunes Fixées, la structure en diamètre des espèces *V. tortilis*, *C. procera*, *L. pyrotechnica* et *P. juliflora* a été effectuée. L'espèce *V. tortilis* présente une distribution caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre. La valeur de paramètre de forme « c » est comprise entre 1 et 3,6. L'analyse de structures en diamètre des autres espèces (*P. juliflora*, *C. procera* et *P. chilensis*) indique une allure en « J renversé », avec un paramètre de forme $c < 1$. Cette situation traduit une distribution des peuplements multispecifiques ou inéquiennes. La distribution de l'ensemble des espèces de cet habitat est dominée par des sujets de diamètre compris entre 5 et 10 cm. Les individus à gros diamètre (diamètre ≥ 20 cm) sont très rares (**Figure 5 a, b, c, d**).

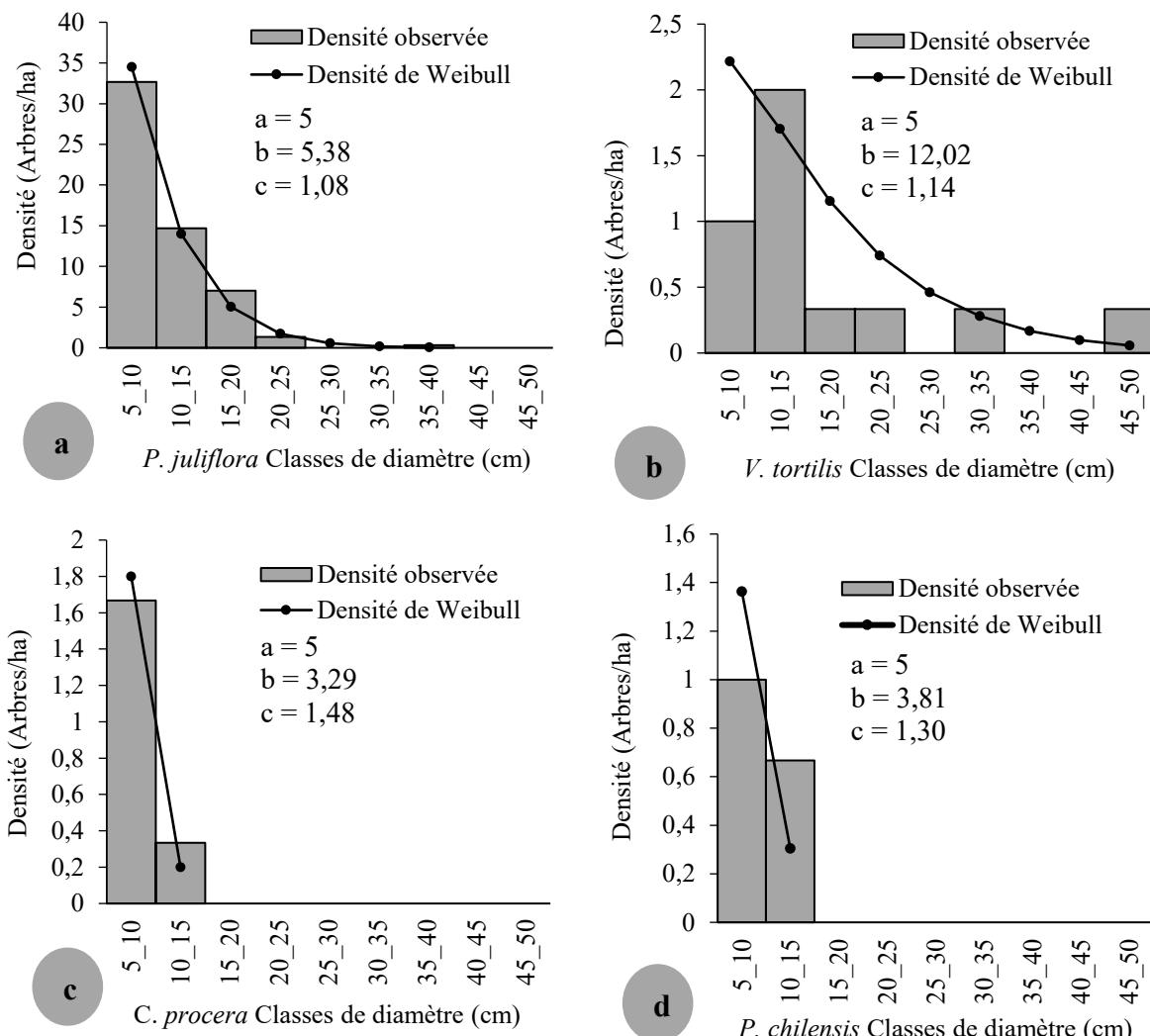


Figure 4 : Structure en diamètre des espèces à $IVI \geq 10$ pour 300 dans les Anciennes Dunes Fixées : a : *Prosopis juliflora*, b : *Vachellia tortilis*, c : *Calotropis procera*, d : *Prosopis chilensis*

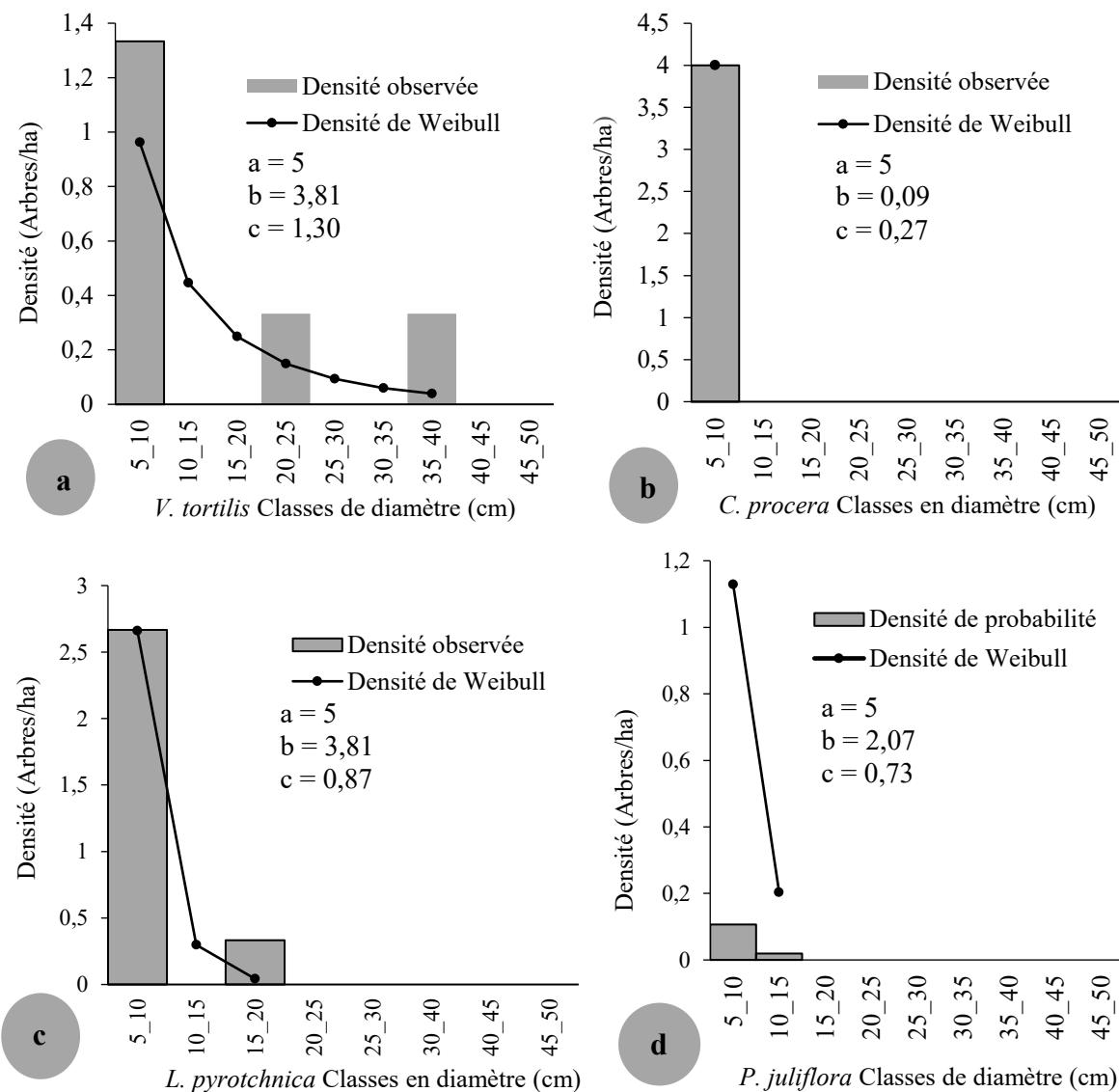


Figure 5 : Structure en diamètre des espèces à $IVI \geq 10$ pour 300 dans les NDF : a : *Vachellia tortilis*, b : *Calotropis procera*, c : *Leptadenia pyrotechnica*, d : *Prosopis juliflora*

4. Discussion

4-1. Richesse spécifique

La richesse spécifique ligneuse de la zone d'étude est très faible et pourrait être expliquée par la pauvreté des sols dunaires en matières organiques et minérales [32], l'ensablement des dunes, le surpâturage et l'aridité climatique. Des résultats similaires ont été obtenus par [33] dans la même zone. L'analyse de la richesse spécifique par habitat a révélé que les Anciennes Dunes Fixées (10 espèces) et les Nouvelles Dunes fixées (10 espèces) sont plus diversifiées que les Dunes Non Fixées (5 espèces). Ces différences en nombre d'espèces seraient liées aux opérations de la fixation des dunes dont les dunes fixées ont reçu. Les familles les mieux représentées sont les Fabaceae et les Asclepiadaceae. Selon [34], les espèces appartenant à ces deux familles s'adaptent mieux aux conditions climatiques et édaphiques des milieux rudes.

4-2. Indices de diversité

Les valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver et de régularité de Pielou calculées sont faibles pour tous les milieux investigués. Néanmoins, les plus grandes valeurs de ces deux indices ont été observées dans les dunes fixées. D'après [35], les faibles valeurs des indices de Shannon-Weaver et de régularité de Pielou traduisent les conditions défavorables du milieu pour l'installation des espèces. Les indices de similarité (indice de Sørensen) calculés entre les trois habitats ont donné des valeurs supérieures à 50%. Ces résultats corroborent ceux obtenus par [37]. Un indice de Sørensen supérieur à 50 % indique l'appartenance des espèces des milieux comparés à une même communauté végétale [36].

4-3. Indice de Valeur d'Importance (IVI)

Les espèces à grande importance écologique de la zone d'étude ont été déterminées par habitat. Pour les Anciennes Dunes Fixées, c'est l'espèce *Prosopis juliflora* qui occupe la première place des espèces écologiquement importantes. Ceci est dû à la plantation de cette espèce dans les opérations de fixation des dunes dans la zone. Cette espèce est reconnue pour sa qualité de fixatrice des dunes dans les zones dunaires. Dans les Nouvelles Dunes Fixées et les Dunes Non Fixées, *Calotropis procera* est l'espèce la plus écologiquement importante. Cela pourrait s'expliquer par le fait que *C. procera* fait partie des espèces caractéristiques du département de Maïné Soroa [33, 38].

4-4. Paramètres dendrométriques

L'étude des paramètres dendrométriques a été réalisée par habitat. Les plus fortes valeurs de la densité d'individus adultes ($66,33 \pm 44,68$ arbres/ha), de la surface terrière ($0,71 \pm 0,59 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), de la hauteur de Lorey ($5,14 \pm 2,08$ m), du diamètre moyen ($13,23 \pm 9,46$ cm) et celui du houppier ($5,65 \pm 2,36$ m), de la densité de régénération ($78,67 \pm 52,57$ arbres/ha) et du taux de recouvrement ($22,49 \pm 18,44$) ont été notées dans des Anciennes Dunes Fixées. Les plus faibles valeurs de la densité d'individus adultes ($2 \pm 4,84$ arbres/ha), de la densité de régénération ($8,67 \pm 17,76$ tiges/ha), de la surface terrière ($0,03 \pm 0,17 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), de la hauteur de Lorey ($3,33 \pm 3,23$ m), du diamètre moyen ($11,87 \pm 13,03$ cm), du diamètre du houppier ($4,24 \pm 4,3$ m) et le faible taux de recouvrement ($0,44 \pm 1,99\%$) ont été observées dans les Dunes Non Fixées. Ces résultats montrent que dans les dunes fixées, les conditions sont beaucoup favorables à l'épanouissement de la végétation ligneuse que dans les Dunes Non Fixées (le témoin).

4-5. Structure en classes de diamètre des peuplements ligneux

4-5-1. Structure en classes de diamètre des peuplements ligneux par habitat

L'analyse des structures en classes de diamètre a révélé une prédominance des sujets de petits diamètres par rapport à ceux de gros diamètres. Dans les Anciennes Dunes Fixées, la structure montre une distribution caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre ($1 < c < 3,6$). Cette situation pourrait être due à la plantation monospécifique qu'avaient reçue les sites de fixation des dunes étudiés. Les Nouvelles Dunes Fixées et les Dunes Non Fixées présentent une structure en forme de « J » renversé avec le paramètre $c < 1$. Une telle distribution diamétrale des individus ligneux indique un milieu perturbé, en pleine reconstitution [39, 40].

4-5-2. Structure en classes de diamètre des espèces de grande importance écologique

Les structures en diamètre des espèces à fortes valeur d'Indice des Valeurs d'Importance (IVI ≥ 10) ont été réalisées pour les Anciennes Dunes Fixées et les Nouvelles Dunes Fixées. Dans les Anciennes Dunes Fixées, les structures en diamètre des espèces écologiquement importantes (*P. juliflora*; *C. procera*; *P. chilensis*) ont été représentées par des individus jeunes (diamètre compris entre 5 et 10 cm). Le paramètre de forme c est compris entre 1 et 3,6. Selon [41], une prédominance des individus jeunes suggère une bonne régénération de ces espèces. La structure de l'espèce *V. tortilis* est dominée par des individus à diamètres compris entre 10 et 15 cm. Les individus de classes de diamètre 5 à 10 cm sont faiblement représentés. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les jeunes plants de *V. tortilis* ont une fiable capacité de résistance au broutage et aux pressions climatiques des milieux dunaires. Une telle structure a été observée dans les travaux menés par [38] dans la région de Diffa. Pour les Nouvelles Dunes Fixées, les structures des espèces dominantes (*C. procera*; *L. pyrotechnica*; *P. juliflora*) présentent un paramètre de forme $C < 1$, exceptée de *V. tortilis* possède un paramètre de forme $1 < C < 3,6$. Dans cet habitat, les sujets jeunes sont bien représentés.

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les effets positifs de la fixation des dunes sur la diversité et la structure des peuplements ligneux des dunes fixées du sud-est du Niger. Elle a montré que la fixation des dunes a eu un effet remarquable sur l'installation et le développement de la végétation ligneuse de la zone. En effet, les dunes fixées sont plus diversifiées que les dunes non fixées (le témoin). Les fortes valeurs des indices de diversité de Shannon-Weaver et de régularité de Pielou ont été observées dans les dunes fixées. La densité des individus adultes, la surface terrière et la densité de la régénération des dunes fixées sont très élevés comparés aux dunes non fixées. La structure en diamètre indique une prédominance des individus jeunes suggérant une bonne régénération des espèces ligneuses. L'ensemble des résultats obtenus de cette étude montrent que la fixation des dunes a nettement amélioré la couverture végétale ligneuse de la zone. Il est donc important de continuer à fixer les dunes afin d'assurer un retour total et une gestion durable des espèces ligneuses dans les milieux dunaires.

Références

- [1] - R. NDIANOR, "Etude comparée de l'influence du mode de gestion des parcours naturels et plantes sur la régénération naturelle des ligneux dans le Ferlo sableux". Mémoire de Master en Agroforesterie, Ecologie et Adaptation (AFECA). Faculté des sciences et techniques. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (2023) 40 p.
- [2] - M. THIOMBANE, "Caractérisation de la végétation ligneuse et évaluation de son potentiel de séquestration du carbone dans des espaces cultureaux des communes de Kael et Kahone, Sénégal". Mémoire de Master d'Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers (AGDEFA). UFR Sciences et Technologies. Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal, (2020) 43 p.
- [3] - M. LARWANOU, M. SAADOU et S. HAMADOU, "Les arbres dans les systèmes agraires en zone sahélienne du Niger : mode de gestion, atouts et contraintes". *Tropicultura*, 24 (1) (2006) 14 - 18
- [4] - L. ABDOU, I. DAN GUIMBO, M. LARWANOU, M. M. INOUSSA et A. MAHAMANE, "Utilisation de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. dans le sud du département d'Aguié au Niger : les différentes formes et leur importance". *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (3) (2014) 1065 - 1074

- [5] - A. ALHASSANE, "Évolution de la flore ligneuse dans les terroirs villageois au Niger, cas de la commune rurale de Gaffati". *IOSR Journal of Environmental Science*, 15 (2021) 5 - 14
- [6] - A. SAMAKE, S. SAMAKE, S. SISSOKO, B. KÉITA, P. DEMBELE, D. COULIBALY et M. KAREMBE, "Usage Ethnobotanique De Trois Espèces Ligneuses En Zone Soudano-Sahélienne Du Mali (Kolokani)". *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 17 (10) (2023) 60 - 66
- [7] - OSS, "Les écosystèmes africains entre dégradation et restauration", (2022) 169 p.
- [8] - A. AYOUBA HAMZA, "Dynamique du couvert végétal autour de la ville de Niamey dans un rayon de 75 Km". Master Professionnel en Aménagement du Territoire et Développement Durable. Faculté des Lettres et Sciences Humaines. Département de géographie. Université Abdou Moumouni. Niger, (2023) 80 p.
- [9] - L. KANEMBO et S. KARIMOUNE, "Processus d'ensablement des cuvettes et suivi par télédétection dans le Département de Gouré, Niger". *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, 2 (2023) 173 - 197
- [10] - M. O. LAMINOU, I. DANGUIMBO, R. ABDOU et A. D. TIDJANI, " Diversité et structure de la végétation ligneuse dans le système oasien du Manga au Niger". Colloque scientifique international sur la préservation et l'utilisation durables des systèmes oasiens, Recueil des Résumés. (2016) 120 p.
- [11] - A. DAOUDA KOITA, "Efficacité des techniques de fixation des dunes dans la mise en œuvre des activités de la Grande Muraille Verte : cas du Programme Spécial de Protection de la Ville de Nouakchott (Mauritanie)". Master en gestion durable des terres. Département formation et recherche. Centre Régional Agrhymet. Niamey, Niger, (2014) 51 p.
- [12] - K. J. M. AMBOUTA, A. KARIMOU, A. D. TIDJANI et B. TYCHON, "Les cuvettes du Manga, un écosystème unique en milieu semi-aride objet d'une recherche interdisciplinaire et pluri-institutionnelle". *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 42 (2) (2018) 245 - 257
- [13] - A. D. TIDJANI, A. TOURE, J. L. RAJOT, B. MARTICORENA, C. L. BIELDERS et C. BOUET, "Flux éolien et dynamique des fronts dunaires dans le Manga (Sud-Est du Niger)". *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 28 (2016) 323 - 332
- [14] - M. MALAM ASSANE, A. D. TIDJANI, K. AMBOUTA, C. BIELDERS, A. L. JACQUEMART et O. LAMINOU MANZO, "Evaluation of the viable seed potential of degraded dune soils in Gouré (south-eastern Niger)". *Geo-Eco-Trop*, 42 (2) (2018) 307 - 320
- [15] - A. D. TIDJANI, M. MALAM ASSANE, A. MOUSTAPHA et K. SOULEY YERO, "Rentabilité de la fixation des dunes au Niger. Evaluation des opérations de fixation des dunes dans le Niger est (terroir villageois de Kilakina). Initiative Economie de la Dégradation des terres (ELD)", (2019) 36 p.
- [16] - H. HAROUNA, "Dynamique locale de l'ensablement et évaluation de l'efficacité antiérosive de quelques techniques de fixation des dunes dans le département de Mainé –Soroa (Sud-Est du Niger)". Mémoire d'Etudes Approfondies (DEA) Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2006) 59 p.
- [17] - L. ABDOU, M. H. S. KAILOU, I. B. YANDOU et A. MAHAMANE, "Diversité et structure des populations arboricoles dans les cuvettes oasiennes du Manga au Niger". *Afrique SCIENCE*, 26 (2) (2025) 1 - 11
- [18] - QCN (Quatrième Communication Nationale sur les Changements Climatiques), "Rapport de l'actualisation de l'évaluation de la Vulnérabilité et de l'Adaptation (V&A) aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture au Niger", (2020) 97 p.
- [19] - K. A. K. KAOU, O. L. MANZO, I. D. GUIMBO, S. KARIM, R. HABOU et R. PAUL, "Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger : Cas de Mainé Soroa". *Journal of Applied Biosciences*, 120 (2017) 12053 - 12066
- [20] - M. SAADOU, "Végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger". Thèse de doctorat d'Etat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (1990) 395 p.
- [21] - S. IBRAHIM, "Evolution des paysages dunaires fixés par la végétation au Niger. Modifications morphologiques actuelles dans les couches superficielles des dunes et possibilités de «

- régénération » et de « pédogénèse ». Dissertation zur Erlangung des Naturwissenschaftlichen Doktorgrades der Julius-Maximilians-Universität Würzburg", (2015) 207 p.
- [22] - L. ABDOU, B. MOROU, T. ABASSE and A. MAHAMANE, "Analysis of the structure and diversity of *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. tree stands in the southeastern Niger". *Journal of Plant Studies*; Vol. 5, (1) (2016)
- [23] - A. MAHAMANE et M. SAADOU, "Méthodes d'étude et d'analyse de la flore et de la végétation tropicale. Actes de l'atelier sur l'harmonisation des méthodes d'études et d'analyse de la flore et de la végétation tropicale". Niamey, Niger, (2008) 67 p.
- [24] - B. MOROU, H. OUNANI, A. A. OUMANI, A. DIOUF, C. GUERO et A. MAHAMANE, "Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger)". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (3) (2016) 1295 - 1311
- [25] - I. IDRISSE, B. MOROU, H. ABDOURHAMANE, S. KARIM, T. ABDOURHAMANE, I. DJIBO et A. MAHAMANE, "Diversité floristique et structure démographique des peuplements ligneux des parcours naturels sahéliens du Sud-Est du Niger : Cas de l'enclave pastorale «Dadaria» (Mainé-Soroa, Diffa)". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (3) (2020) 706 - 721
- [26] - S. YENILOUGO, O. N. DOUDJO, M. KOFFI et B. ADAMA, "Analyse de la diversité floristique de quelques îles aménagées du Barrage de Buyo (Côte d'Ivoire)". *European Scientific Journal (ESJ)*, 15 (18) (2019) 165 - 82
- [27] - D. IBRAHIMA, E. GNAHORE, N. D. OUATTARA et A. BAKAYOKO, "Structure, richesse et diversité de la flore ligneuse des forêts classées de Kimbrila et de Kanhasso (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire)": *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (2) (2023) 561 - 573
- [28] - L. ABDOU, B. M. MAMOUDOU, H. RABIOUT, A. MAHAMANE and J. SEGHIERI, "Impacts of Restoration Projects on a Sahelian Woody Vegetation after 21 Years": The Simiri Plateaus (Niger) Case Study. *International Journal of Plant & Soil Science*, 26 (4) (2019) 1 - 12
- [29] - M. O. LAMINOU, "Fixation des dunes dans le sud-est du Niger : "Evaluation de l'efficacité de la barrière mécanique, espèces ligneuses adaptées et potentialités d'inoculation mycorhizienne". Mémoire de Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université de Liège, Belgique, (2009) 142 p.
- [30] - D. T. OUEDRAOGO, H. RABIOUT, A. W. ZIDA, M. M. INOUSSA et A. MAHAMANE, "Diversité et structure des ligneux mellifères et habitats de l'apifaune de la zone pastorale de Gadeghin en zone soudanienne du Burkina Faso". *Sciences naturelles et appliquées*, Vol. 41, N°2 (3) (2022) 52 - 80
- [31] - R. JOSELIN, "Etude des formations végétales habitat des espèces cibles de conservation dans la nouvelle aire protégée Moroni Onilahy : cas des forets d'Antanimena et d'Antafoka, région sud-ouest de Madagascar". Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondies (DEA) option : Biologie végétal ; Université de Toliaro, (2018) 73 p.
- [32] - M. MALAM ASSANE, "Caractérisation du potentiel de révégétalisation spontané des sols en milieu dunaire et proposition de techniques alternatives de fixation des dunes dans le sud-est du Niger". Diplôme du grade de Docteur ès Sciences Agronomiques. Faculté d'Agronomie. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. 172 p.
- [33] - K. K. K. KIARI AYIMI, "Caractérisation de la végétation de la zone dunaire du département de Mainé Soroa". Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Biodiversité et Gestion de l'Environnement Soudanien et Sahélo-Saharien (BGESSS). Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger, (2018) 44 p.
- [34] - E. TINDANO, A. TRAORE et P. OUOBA, "Ecologie et mécanismes d'adaptation à la sécheresse de *Caralluma adscendens* NE Br. à l'Ouest du Burkina Faso". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (6) (2023) 2412 - 2428

- [35] - E. M. C. SAHGUI, "Diversité et utilités des produits forestiers non ligneux de la forêt naturelle de Niaouli (commune d'ALLAdA)", (2015) 78 p.
- [36] - Y. J. SEHOUBO, M. MEDA, W. O. KABRE, B. YELEMOU et M. HIEN, "Caractérisation et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers en zone nord soudanienne au Burkina Faso". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (2) (2023) 325 - 348
- [37] - A. M. MOUSTAPHA, "Evaluation des effets biophysiques, des services écosystémiques et de la rentabilité de la fixation des dunes dans les systèmes oasiens du Manga (Sud-Est du Niger)". Thèse unique de doctorat en vue de l'obtention du grade de Docteur ès Sciences Agronomiques. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, (2023) 178 p.
- [38] - B. I. O. ISMAEL, H. RABIOUT, I. SOUMANA, B. M. MAMOUDOU et A. MAHAMANE, "Etude floristique des formations naturelles à *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* en zone sahélienne du Niger". *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9 (2) (2021)
- [39] - J. AMBARA, K. S. BOBO, A. M. ZE et P. K. NGOUTSOP, "Dynamique des structures diamétrales et séquestration du carbone du *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen issu de méthodes et de traitements sylvicoles variés". *Geo-Eco-Trop*, 45 (2) (2021) 271 - 282
- [40] - D. KONAN, A. BAKAYOKO, F. H. T. BI, B. G. A. BITIGNON et S. C. PIBA, "Dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, sud de la Côte d'Ivoire". *Journal of Applied Biosciences*, 94 (2015) 8869 - 8879
- [41] - R. HABOU, M. MASSAOUDOU, T. ABASSE, A. MAHAMANE, M. LARWANOU et P. VAN DAMME, "Structure et Régénération des Peuplements naturels de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. et *Ziziphus mauritiana* Lam. suivant un Gradient écologique dans la Région de Maradi au Niger". *Afrika Focus*, 33 (1) (2020) 83 - 104