

ANALYSE DE LA DIVERSITÉ ET DE LA STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES PEUPLEMENTS DE *ANNONA SENEGALENSIS* AU CENTRE-SUD DU NIGER.

Résumé

Annonasenegalensis Pers. est une espèce ligneuse caractéristique des écosystèmes soudano-sahéliens et importante pour les populations rurales du Niger. La présente étude analyse la diversité floristique, les types biologiques et phytogéographiques, ainsi que la structure démographique des peuplements associés à *A. senegalensis* dans les régions de Maradi et de Zinder. Les relevés ont été réalisés en 2023 et 2024 dans 14 villages, à partir de 142 placettes de 2 500 m². La régénération a été évaluée dans des placeaux de 25 m². Les indices de Shannon, de Piélou et de Sørensen, l'indice de valeur d'importance (IVI), ainsi que les distributions en classes de diamètre et de hauteur ajustées à la loi de Weibull ont été utilisés. Les inventaires ont recensé 26 espèces ligneuses appartenant à 14 familles à Maradi et 38 espèces réparties dans 18 familles à Zinder. Les spectres biologique et phytogéographique, établis sur 34 espèces, sont dominés respectivement par les microphanérophytes (55,9 %) et les nanophanérophytes (35,3 %), ainsi que par les espèces soudano-zambéziennes (55,9 %). *Annonasenegalensis* est classée comme nanophanérophyte soudano-zambézienne. L'indice de Shannon est de 2,33 à Maradi et de 2,67 à Zinder, avec une équitabilité de Piélou de 0,74 et 0,76, respectivement. L'IVI d'*A. senegalensis* est de 4,08 % à Maradi et de 6,20 % à Zinder. La densité des jeunes individus d'*A. senegalensis* est de 24 individus/ha à Maradi et de 88 individus/ha à Zinder, avec des taux de régénération respectifs de 47,1 % et 79,3 %. Les paramètres de forme de Weibull pour la structure en diamètre sont de 3,16 à Maradi et 2,78 à Zinder pour *A. senegalensis*, indiquant, selon la grille d'interprétation utilisée dans l'étude, une forte représentation des individus de faible diamètre. Ces résultats mettent en évidence un potentiel de renouvellement important de l'espèce, particulièrement à Zinder, tout en soulignant la nécessité de protéger la régénération naturelle et de promouvoir une gestion durable des peuplements.

Mots-clés : *Annonasenegalensis* ; structure démographique ; types biologiques ; phytogéographie ; Niger.

Abstract

Annonasenegalensis Pers. is a woody species characteristic of Sudano-Sahelian ecosystems and of considerable importance to rural populations in Niger. This study assessed floristic diversity, biological and phytogeographical types, and the demographic structure of stands associated with *A. senegalensis* in the Maradi and Zinder regions. Data were collected in 2023 and 2024 in 14 villages using 142 plots of 2,500 m². Regeneration was assessed in 25 m² subplots. Shannon, Pielou and Sørensen indices, the Importance Value Index (IVI), and diameter- and height-class distributions fitted to the Weibull distribution were used. The inventories recorded 26 woody species belonging to 14 families in Maradi and 38 species belonging to 18 families in Zinder. The biological and phytogeographical spectra, established for 34 species, were dominated by microphanerophytes (55.9%) and

nanophanerophytes (35.3%), and by Sudano-Zambezian species (55.9%), respectively. *Annona senegalensis* was classified as a Sudano-Zambezian nanophanerophyte. Shannon diversity was 2.33 in Maradi and 2.67 in Zinder, with Pielou evenness values of 0.74 and 0.76, respectively. The IVI of *A. senegalensis* was 4.08% in Maradi and 6.20% in Zinder. The density of young *A. senegalensis* individuals was 24 individuals ha⁻¹ in Maradi and 88 individuals ha⁻¹ in Zinder, with regeneration rates of 47.1% and 79.3%, respectively. Weibull shape parameters for diameter structure were 3.16 in Maradi and 2.78 in Zinder for *A. senegalensis*, indicating, according to the interpretation framework used in the study, a strong representation of small-diameter individuals. These findings indicate substantial renewal potential for the species, particularly in Zinder, while highlighting the need to protect natural regeneration and promote sustainable stand management.

Keywords: *Annona senegalensis*; demographic structure; biological types; phytogeography; Niger.

Introduction

La dynamique des espèces ligneuses dans les zones sahéliennes constitue un enjeu majeur pour la durabilité des systèmes agro-sylvo-pastoraux, en particulier au Niger, où les ressources ligneuses jouent un rôle central dans les moyens d'existence des populations rurales. Les arbres et arbustes fournissent non seulement du bois de chauffe et de service, mais également du fourrage, des produits alimentaires et des ressources médicinales essentielles, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire, énergétique et sanitaire des ménages (FAO, Rapport sur les ressources forestières, Niger).

Depuis plusieurs décennies, des études menées à l'échelle régionale, notamment à partir de la télédétection (Brandt et al., 2016), ont mis en évidence un phénomène de « reverdissement du Sahel », suggérant une augmentation de la couverture végétale dans certaines zones. Toutefois, cette tendance globale masque des dynamiques locales beaucoup plus contrastées. Les observations de terrain révèlent que, malgré une amélioration apparente de la végétation, certaines populations ligneuses connaissent un déclin marqué, caractérisé par une faible régénération naturelle, une diminution de la densité des individus adultes et une altération progressive de la structure démographique des peuplements (Hiernaux et al., 2022).

Au Niger, des études diachroniques de terrain, notamment celles menées dans le district de Dantiandou entre 1996 et 2017, ont mis en évidence une réduction significative de la densité des arbustes et de la couverture de la couronne, en dépit de l'absence de variations climatiques majeures sur la même période (Hiernaux et al., 2022). Ces résultats soulignent le rôle déterminant des pressions anthropiques, telles que l'expansion agricole, la réduction des jachères, l'exploitation intensive du bois-énergie et le pâturage excessif, dans la dégradation des peuplements ligneux.

Cette dégradation se traduit par un appauvrissement progressif de la diversité floristique et par la régression d'espèces ligneuses à forte valeur socio-économique, telles que *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* et *Ziziphus mauritiana*. Ces espèces, essentielles au

fonctionnement des agroécosystèmes sahéliens, assurent de multiples services écosystémiques, notamment l'amélioration de la fertilité des sols, la fourniture de produits forestiers non ligneux et le soutien aux systèmes d'élevage (Moussa Massaoudou et al., 2022). Face à ces constats, la Régénération Naturelle Assistée (RNA) s'est imposée comme une approche privilégiée de restauration des écosystèmes dégradés au Sahel. Au Niger, de nombreuses synthèses (Abdourhamane et al., 2013 ; Laouali et al., 2016) ont montré que la RNA contribue de manière significative à l'augmentation de la densité des ligneux et à l'amélioration de la structure des peuplements (Tropenbos/ReCA, 2023). Toutefois, son efficacité reste étroitement dépendante des espèces concernées, des conditions écologiques locales et des pratiques de gestion adoptées par les producteurs.

Parmi les espèces ligneuses soumises à une forte pression d'exploitation figurent les espèces productrices de fruits comestibles, dont *Annonasenegalensis* Pers. Cette espèce occupe une place centrale dans les systèmes de subsistance ruraux en raison de la diversité de ses usages : alimentation humaine, pharmacopée traditionnelle, bois de chauffe, bois de service et fourrage. L'exploitation intensive de toutes les parties de la plante a conduit à une régression notable de ses peuplements, voire à sa disparition locale dans certains terroirs du nord de la région de Zinder et de la région de Maradi.

Au Niger, *Annonasenegalensis* est reconnue comme une espèce d'importance socio-économique majeure et figure parmi les espèces végétales conservées. Cependant, malgré son importance, les données scientifiques relatives à la diversité floristique associée, à la structure démographique et à la dynamique de ses peuplements demeurent encore limitées, en particulier dans le centre-sud du pays.

Dans un contexte marqué par l'intensification des pressions anthropiques et par une forte variabilité climatique, l'analyse approfondie de la diversité et de la structure démographique des peuplements de *Annonasenegalensis* au centre-sud du Niger s'avère indispensable. Cette analyse constitue un préalable scientifique essentiel pour comprendre les mécanismes de régénération de l'espèce, évaluer son état de conservation et proposer des stratégies de gestion durable et de valorisation adaptées aux réalités locales.

3.1 Matériel et méthodes

3.1.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée en 2023 et 2024 dans le centre-sud du Niger au niveau de quatorze villages dont six à Maradi et huit à Zinder (figure 1). Le choix de ces villages est fait en fonction du gradient pluviométrique Nord-Sud. L'étude a été conduite en 2023 et 2024 dans le centre-sud du Niger, dans les régions de Maradi et de Zinder. L'échantillonnage a concerné 14 villages, dont six dans la région de Maradi et huit dans celle de Zinder. Les villages ont été sélectionnés suivant un gradient pluviométrique nord-sud.

Les deux régions appartiennent au domaine sahélo-soudanien et présentent un climat semi-aride marqué par une saison des pluies courte (Juin-Septembre) et une forte variabilité interannuelle des précipitations (300-600 mm/an), accentuant les risques de sécheresse et d'inondation (RCCC-Climate Center, 2024). Selon Bagnian et al., (2019), la zone d'étude est relativement peuplée (environ 100 habitants/km²) et est composée des ethnies suivantes :

Haoussa, Peulh, Kanouri, Touaregs et des Kambarin béribéris. Ces deux régions constituent un pôle agricole majeur du Niger, fondé sur le mil, le sorgho, le niébé ; L'élevage et le maraichage.

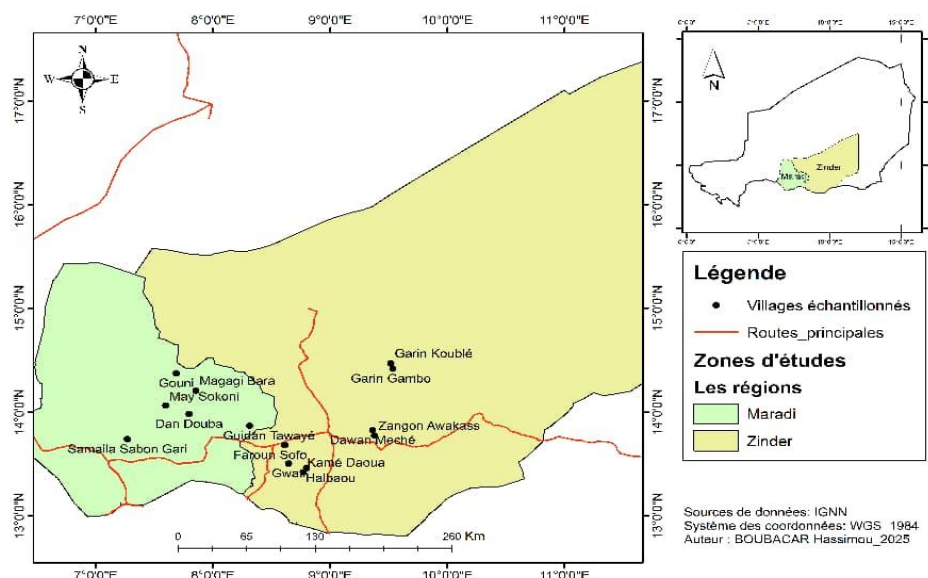


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

3.1.2. Echantillonnage et collectes des données

Un échantillonnage systématique suivant des transects orientés sud-nord et est-ouest a été utilisé. Au total, 142 placettes de 50 m × 50 m, soit 2 500 m² chacune, ont été installées à des intervalles de 300 m. La superficie totale couverte par les relevés était de 35,5 ha.

Dans chaque placette, les coordonnées géographiques, le taux de recouvrement suivant l'échelle de Braun Blanquet (1932), la géomorphologie et certaines caractéristiques du sol ont été relevés. Les paramètres dendrométriques tels que le diamètre du tronc (à 1,30 m du sol pour les arbres et à 20 cm au-dessus du sol pour les arbustes), la hauteur totale et les deux diamètres perpendiculaires du houppier sur les individus dont le diamètre est supérieur ou égal à 5 cm (Ouédraogo, 2009 ; Laouali, 2016) ont été mesurés. Les individus dont le diamètre était inférieur à 5 cm ont été considérés comme une régénération (Mahamane et Saadou, 2008). Leur comptage a été effectué dans des placeaux de 25 m² (5 m × 5 m) placés aux quatre angles et un au centre de la placette.

3.1.3 Analyse des données

Les espèces ligneuses recensées ont été caractérisées selon leur type biologique et leur type phytogéographique. La détermination des types biologiques s'est appuyée sur la classification de Raunkiaer (1934), adaptée aux conditions de la végétation nigérienne par Saadou (1990). Cette classification repose notamment sur la position des bourgeons de renouvellement et

permet de distinguer les différentes formes biologiques des végétaux. Dans la présente étude, consacrée essentiellement à la végétation ligneuse, les espèces ont été regroupées dans les catégories phanérophytiques suivantes : nanophanérophytes (Np) pour les individus de 2 à 8 m de hauteur, microphanérophytes (Mp) pour ceux de 8 à 30 m et mégaphanérophytes (Mgp) pour les individus dépassant 30 m de hauteur.

La caractérisation phytogéographique a été réalisée suivant les subdivisions et les éléments phytogéographiques adaptés au contexte nigérien par Saadou (1990). Les espèces ont ainsi été réparties selon leurs affinités chorologiques en différents groupes, notamment soudano-zambézien (SZ), soudano-sahélien (SS), saharo-sindien, afro-tropical et pantropical. Cette approche permet de préciser l'origine et l'aire de distribution phytogéographique des espèces recensées.

3.1.3.1 Calcul des indices de diversité

► Indice de Shannon

L'indice de Shannon (Shannon, 1948), permet d'exprimer la diversité spécifique d'un peuplement étudié. S'il est homogène (constitué d'une seule et même espèce), alors l'indice $H = 0$. Plus nous sommes en présence d'espèces différentes, plus sa valeur augmente de façon logarithmique. Il est ainsi fréquent de voir des valeurs H comprises entre 1 et 5 pour tenir compte de la diversité spécifique. Ceci est lié au fait que l'indice de Shannon est forcément lié à la taille de l'échantillon. Enfin, la valeur $H_{\max} = \log_2(S)$ correspond à un peuplement hétérogène pour lequel tous les individus de toutes les espèces sont répartis d'une façon égale. L'indice H' varie donc entre ces deux limites.

H' correspond à l'indice de Shannon, selon la formulation suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 p_i$$

p_i = l'abondance proportionnelle ou pourcentage d'abondance d'une espèce présente ($p_i = n_i/N$).

n_i = le nombre d'individus dénombrés pour une espèce présente.

N = le nombre total d'individus dénombrés, toute espèce confondue.

S = le nombre total ou cardinal de la liste d'espèces présentes.

► Indice d'équitabilité de Piélou

L'indice d'équitabilité de Piélou (J), ou indice d'équi-répartition (E). Sa formule correspond au rapport entre H et $H_{\max}$: $E = H/H_{\max}$. Cet indice varie donc entre 0 et 1. S'il tend vers $E = 1$, alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques. S'il tend vers $E = 0$, alors nous sommes en présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine tout le peuplement (Pielou, 1966).

► L'indice de similarité de SÖRENSEN

$S = 2c / (a + b)$ est utilisé pour comparer les différentes stations entre elles (Sorensen, 1948).

où a = nombre d'espèces présentes dans la première station,
 b = nombre d'espèces présentes dans la seconde station et c = nombre d'espèces communes
aux deux stations.

3.1.3.2 Valeurs d'importance

L'importance relative de chaque espèce est déterminée par le calcul d'un indice de valeur d'importance (IVI) (Abdouharhamane et al., 2013 ; Boubacar et al., 2013). L'Indice de Valeur d'Importance (IVI) est un paramètre clé utilisé en écologie végétale pour évaluer l'importance relative d'une espèce au sein d'un peuplement. Sa valeur varie de 0 à 300. Sa formule est :

$$IVI = Dr + STR + Fr$$

avec, Dr est la densité relative (nombre d'individus de l'espèce considérée rapporté au nombre total d'individus, $\times 100$), STR est la surface terrière relative (surface terrière de l'espèce considérée rapportée à la surface terrière totale du peuplement, $\times 100$) et Fr est la fréquence relative (fréquence de l'espèce considérée rapportée à la somme des fréquences de toutes les espèces, $\times 100$).

3.1.3.3 Établissement des structures démographiques

Les ligneux ont été ensuite repartis en classes de diamètre à travers leurs fréquences relatives. Pour ce faire, 18 classes d'amplitude 5 cm ont été définies. Par ailleurs, pour mieux analyser les données, la structure observée a été modélisée à partir des paramètres de la distribution théorique de Weibull dont la fonction de densité de probabilité (Rondeux, 1999) est :

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

x est le diamètre des arbres. $f(x)$ est la valeur de densité de probabilité au point x . a est le paramètre de position; il est égal à 0 si toutes les catégories d'arbres sont considérées (des plantules jusqu'aux semenciers) lors de l'inventaire ; il est non nul si les arbres considérés ont un diamètre $\geq a$ ($a = 5$ cm dans cette étude). b est le paramètre d'échelle ou de taille ; il est lié à la valeur centrale des diamètres des arbres du peuplement considéré. C'est le paramètre de forme lié à la structure en diamètre. Lorsque $c < 1$, distribution en «J renversé», les peuplements sont multispécifiques, tandis qu'une valeur de $c = 1$ exprime une distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction. Les peuplements sont à prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre lorsque $1 < c < 3,6$. Une valeur de $c = 3,6$ est synonyme d'une distribution symétrique, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte et $c > 3,6$ est caractéristique des peuplements à prédominance d'individus âgés. Le logiciel Minitab 16 a été utilisé à cet effet. Pour tester l'ajustement de la structure observée à la distribution de Weibull une analyse log linéaire a été appliquée avec le logiciel R 4.3.2.

Cette détermination de la structure concerne le peuplement de *Annonasenegalensis* ainsi que celle de la population ligneuse.

3.1.3.4 Taux de régénération

C'est le rapport entre l'effectif total des jeunes plants et l'effectif total ($\varnothing < 4\text{cm}$ pour les arbustes, ou à 10 cm pour les arbres) du peuplement. (FAO, 2015 ; Douma 2016). Un peuplement est en équilibre lorsque le pourcentage des jeunes plants est égal à celui des adultes ; un taux de régénération supérieur à 50 % traduit une forte représentation des jeunes individus et indique un potentiel de renouvellement important du peuplement.

$$\text{TR (\%)} = \frac{\text{Nombre des jeunes pieds}}{\text{Nombre total des pieds}} \times 100$$

3.2 Résultats et discussion

3.2.1 Résultats

3.2.1.1 Répartition des familles botaniques

L'analyse des données collectées dans les 142 placettes au niveau de la région de Maradi et de Zinder montre que la flore est riche en espèces ligneuses. La région de Maradi comporte de 26 espèces ligneuses appartenant à 14 familles dont les plus représentées sont les Mimosaceae avec 6 espèces, les Combretaceae et les Caesalpiniaceae comportant 3 espèces chacune (Figure 2). La région de Zinder comporte 38 espèces réparties en 18 familles dominées par les Mimosaceae avec 9 espèces suivies des Caesalpiniaceae 5 espèces et les Combretaceae avec 4 espèces chacune (Figure 3).

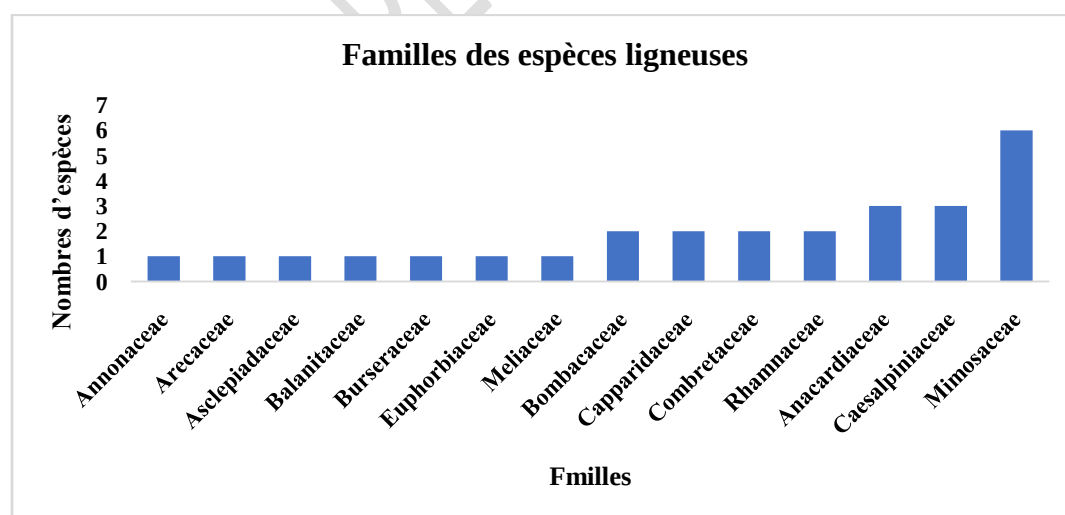


Figure 2: Répartition des familles botaniques dans la région de Maradi

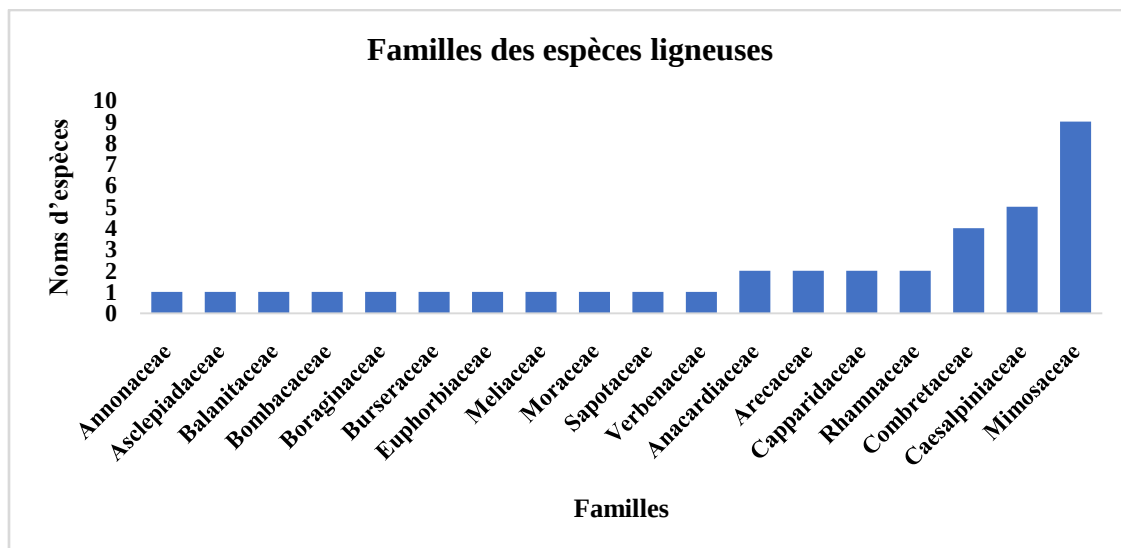


Figure 3: Répartition des familles botaniques dans la région de Zinder

3.2.1.2 Types biologiques et phytogéographiques des principales espèces

Les résultats montrent une prédominance des microphanérophytes (Mp) et des nanophanérophytes (Np) dans les deux régions. Les espèces telles que *Annonasenegalensis*, *Guierasenegalensis*, *Combretumglutinosum* et *Piliostigmareticulatum* appartiennent principalement à ces catégories biologiques.

L'analyse phytogéographique révèle que la flore ligneuse est dominée par les espèces soudano-zambéziennes (SZ) et soudano-sahéliennes (SS). Les espèces les plus représentatives sont *Annonasenegalensis*, *Faidherbiaalbida*, *Balanites aegyptiaca*, *Prosopis africana* et *Piliostigmareticulatum*.

Cette classification biologique et phytogéographique des principales espèces recensées est basée sur les flores de référence d'Afrique de l'Ouest, notamment celles de Arbonnier Michel (2009) White Frank(1986)et les travauxdeSaadou Mahamane(1990 ; 1991).

L'analyse du spectre biologique (Tableau 1) montre que les microphanérophytes constituent plus de la moitié de la flore ligneuse recensée (55,9 %). Ils sont suivis par les nanophanérophytes (35,3 %), tandis que les mégaphanérophytes demeurent faiblement représentés (8,8 %).

Tableau 1 : Spectre biologique

Type biologique	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Microphanérophytes (Mp)	19	55,9
Nanophanérophytes (Np)	12	35,3
Mégaphanérophytes (Mgp)	3	8,8

Type biologique	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Total	34	100

L'analyse du Spectre phytogéographique (Tableau 2) montre une prédominance des espèces soudano-zambéziennes avec 55,9 % des taxons recensés. Elles sont suivies par les espèces afro-tropicales (17,6 %) et soudano-sahéliennes (14,7 %).

Tableau 2 : Spectre phytogéographique

Type phytogéographique	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Soudano-zambézien (SZ)	19	55,9
Afro-tropical (AT)	6	17,6
Soudano-sahélien (SS)	5	14,7
Saharo-sindien (Sah.Sind.)	3	8,8
Pantropical (Pan)	1	3,0
Total	34	100

3.2.1.3 Indices de diversité

Les résultats de l'analyse montrent que la région de Zinder (tableau 3) présente la diversité la plus élevée ($H = 2,67$) suivie de la valeur globale ($H = 2,71$), tandis que celle de Maradi affiche la diversité la plus faible ($H = 2,33$). L'équitabilité est également légèrement meilleure à Zinder ($E = 0,76$) qu'à Maradi ($E = 0,74$), montrant une distribution plus uniforme des espèces. Globalement, Zinder apparaît la région la mieux conservée et écologiquement plus stable, alors que Maradi montre une diversité plus faible et potentiellement plus affectée par les pressions anthropiques.

Tableau 3: Diversité alpha sur les deux régions

Régions	H	Hmax	E
Maradi	2,33	3,14	0,74
Zinder	2,67	3,53	0,76
Global	2,71	3,58	0,75
P-value	< 0,001 ***	< 0,001 ***	< 0,001 ***

H : Diversité de Shannon; Hmax : Diversité Théorique maximale ; E : Equitabilité de Piélou

La diversité de Shannon est inférieure à la diversité maximale au niveau des deux régions, la différence est statistiquement significative, P –value inférieur à 0,001.

Quant à l'indice de similarité de Sorensen, il est égal à 0,75 entre les deux régions.

3.2.1.4 Indice de valeur d'importance des ligneux

À Maradi, les espèces présentant les IVI les plus élevés sont *Faidherbia albida* (60,01 %), *Piliostigma reticulatum* (59,56 %) et *Azadirachta indica* (26,15 %). *Annona senegalensis* présente un IVI de 4,08 %.

À Zinder, *Faidherbia albida* domine également avec un IVI de 83,72 %, suivie de *Prosopis africana* (29,06 %) et *Adansonia digitata* (24,14 %). L'IVI d'*A. senegalensis* est de 6,20 %.

Ainsi, *A. senegalensis* ne constitue pas une espèce dominante dans la structure actuelle des peuplements, malgré sa présence dans les deux régions.

Le tableau 4 montre que dans les deux régions, la population ligneuse totale présente des densités nettement plus élevées dans la classe $< 5\text{cm}$ que dans la classe $\geq 5\text{cm}$. À Zinder, la densité est de 74 juvéniles/ha contre 23 adultes/ha, tandis qu'à Maradi, elle est de 93 juvéniles/ha contre 38 adultes/ha. Globalement, elle est de 83,5 juvéniles contre 30,5 adultes/ha. Le taux de régénération de la population ligneuse est significativement plus important à Maradi qu'à Zinder ($P = 0,002$) ; pour celui de *Annona senegalensis*, il est plus important à Zinder qu'à Maradi.

Tableau 4: Densité de la population ligneuse et de *Annona senegalensis* au niveau des deux régions

Région	Densité moyenne (pieds/ha)					
	Population ligneuse			<i>A. Senegalensis</i>		
	$\geq 5\text{ cm}$	$< 5\text{cm}$	Total	$\geq 5\text{ cm}$	$< 5\text{cm}$	Total
Zinder	23	74	97	23	88	111
Maradi	38	93	131	27	24	51

$\geq 5\text{ cm}$: Individus dont le diamètre du tronc est $\geq 5\text{ cm}$; $< 5\text{ cm}$: Individus dont le diamètre du tronc est $< 5\text{ cm}$.

La figure 4 montre le taux de régénération de la population ligneuse et de *Annona senegalensis* dans les deux régions d'étude. Elle permet de comparer la capacité de renouvellement de l'espèce à celle de l'ensemble de la population ligneuse. Les différences observées entre les deux régions traduisent une variation de la dynamique de régénération, probablement liée aux conditions écologiques et aux pressions exercées sur les peuplements.

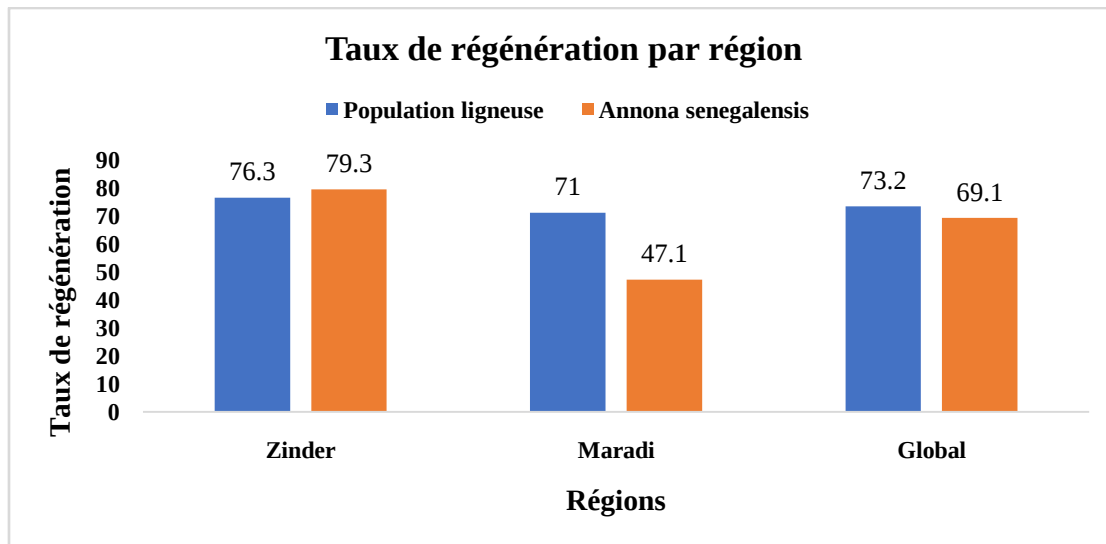
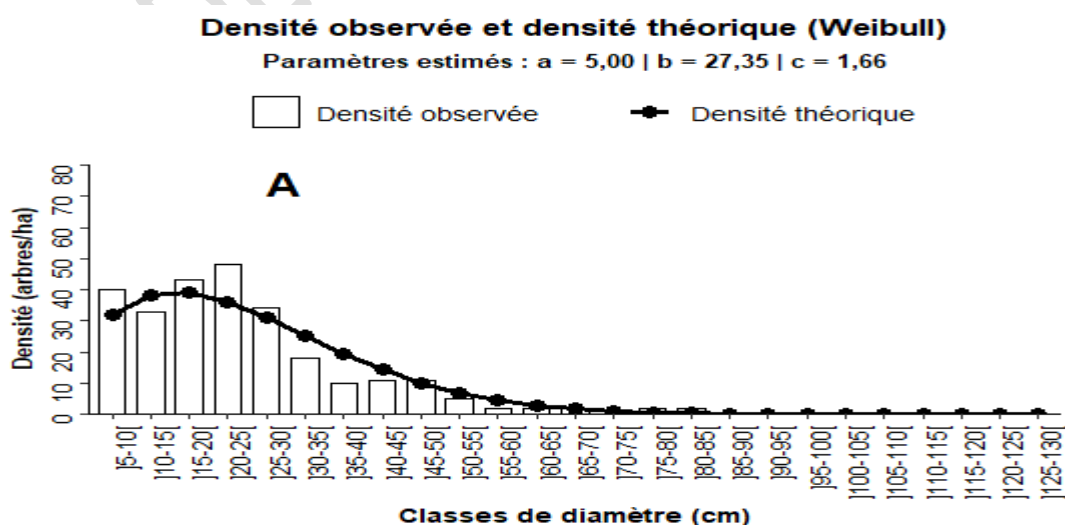


Figure 4: Taux de régénération de la population ligneuse et de *Annona senegalensis* des deux régions.

3.2.1.5 Structures démographiques

La répartition des espèces ligneuses en classes de diamètre au niveau de la région de Maradi montre une distribution en cloche (Figure 5). Elle s'ajuste à la distribution théorique de Weibull avec le paramètre de forme $c = 1,66$ pour la population ligneuse (Figure 5A) et $c = 3,16$ pour le peuplement de *Annona senegalensis* (Figure 5B). Au niveau de la région de Zinder, la répartition des espèces ligneuses en classes de diamètre montre une distribution également en cloche (Figure 6). Elle s'ajuste à la distribution théorique de Weibull avec le paramètre de forme $c = 1,50$ pour la population ligneuse (Figure 6A) et $c = 2,78$ pour le peuplement de *Annona senegalensis* (Figure 6B). En effet les structures en diamètre se trouvent dans le même cortège $1,50 \leq c \leq 3,66$: la distribution est asymétrique négative ou asymétrique gauche. La structure horizontale au niveau régional et de l'ensemble des deux régions, la répartition des individus en classes de hauteur montrent une distribution en cloche (Figures 7 et 8). Elle s'ajuste à la distribution théorique de Weibull avec le paramètre de forme ($2 < c < 4,28$).



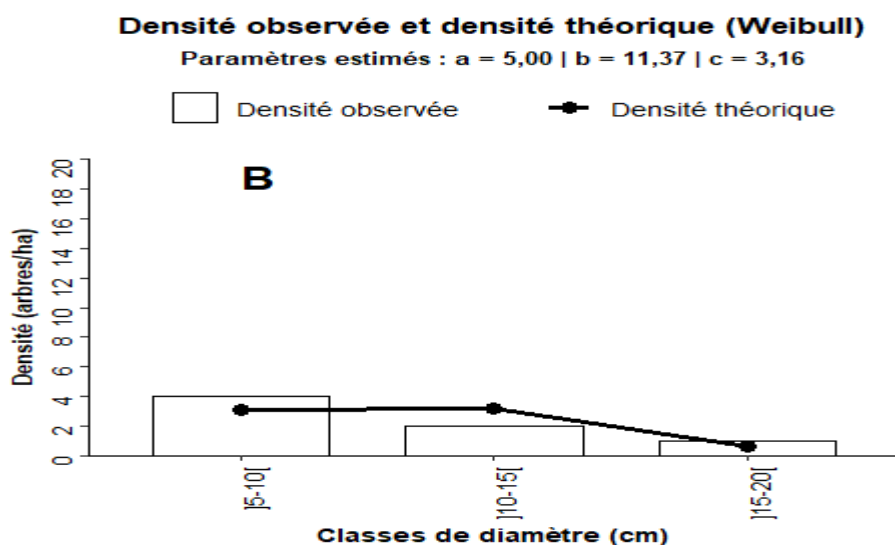


Figure 5: Structure en classes de diamètre de la population ligneuse (A) et *A.senegalensis* (B) à Maradi

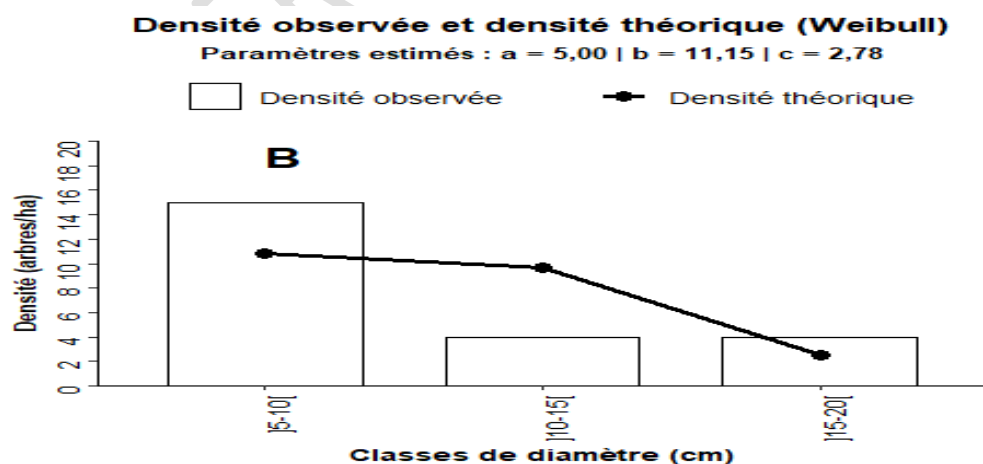
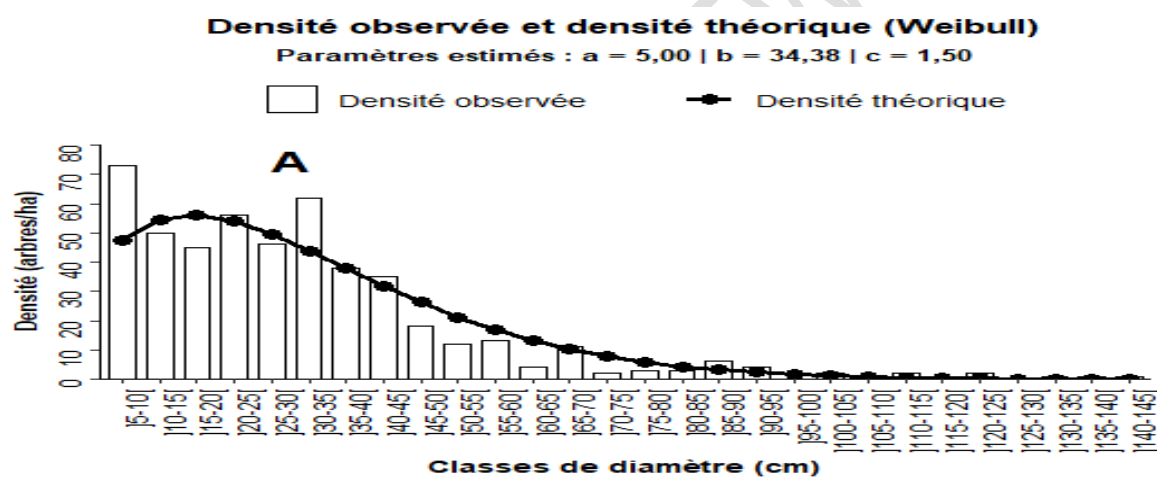
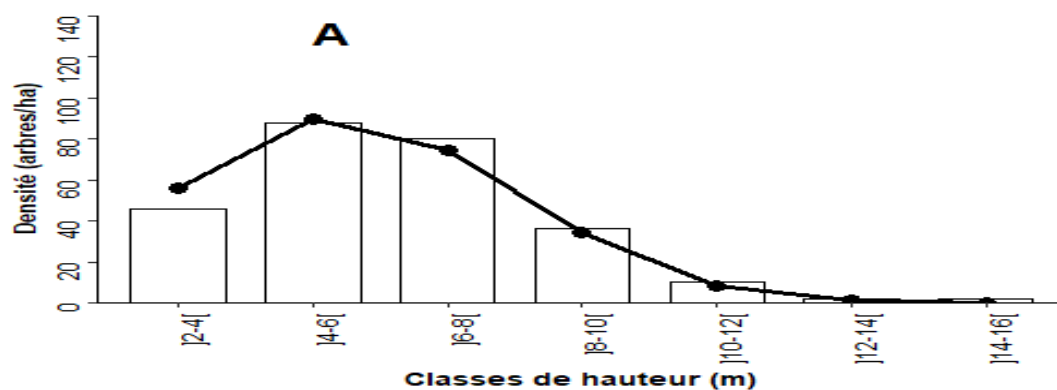


Figure 6: Structure en classes de diamètre de la population ligneuse (A) et *A. senegalensis* (B) à Zinder

Densité observée et densité théorique (Weibull)

Paramètres estimés : $a = 2,00$ | $b = 6,39$ | $c = 2,71$

□ Densité observée ● Densité théorique



Densité observée et densité théorique (Weibull)

Paramètres estimés : $a = 2,00$ | $b = 2,85$ | $c = 3,69$

□ Densité observée ● Densité théorique

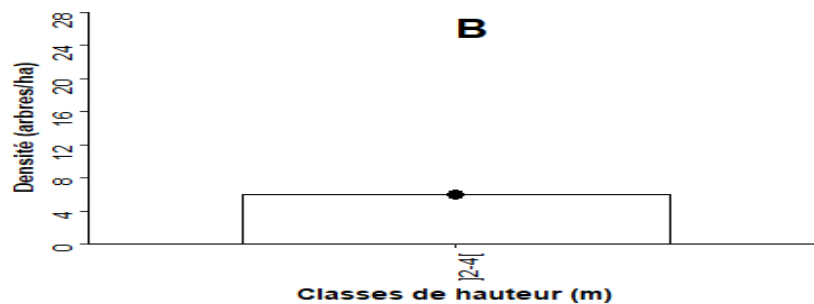
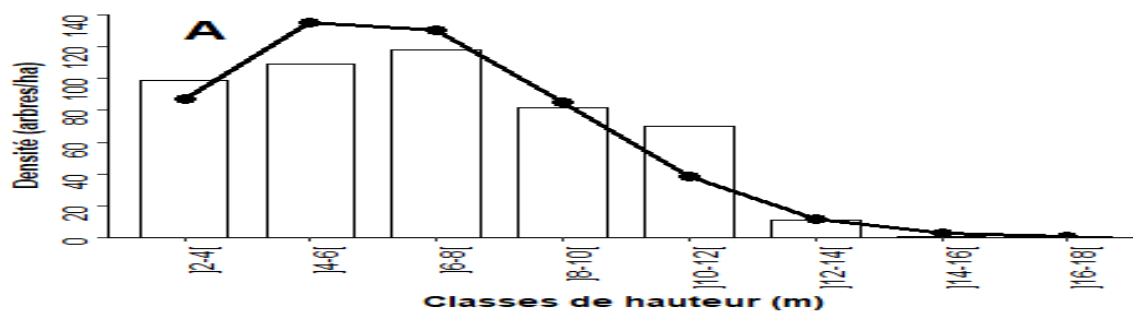


Figure 7 : Structure en classes de hauteur de la population ligneuse (A) et *A. senegalensis* (B) à Maradi

Densité observée et densité théorique (Weibull)

Paramètres estimés : $a = 2,00$ | $b = 7,16$ | $c = 2,45$

□ Densité observée ● Densité théorique



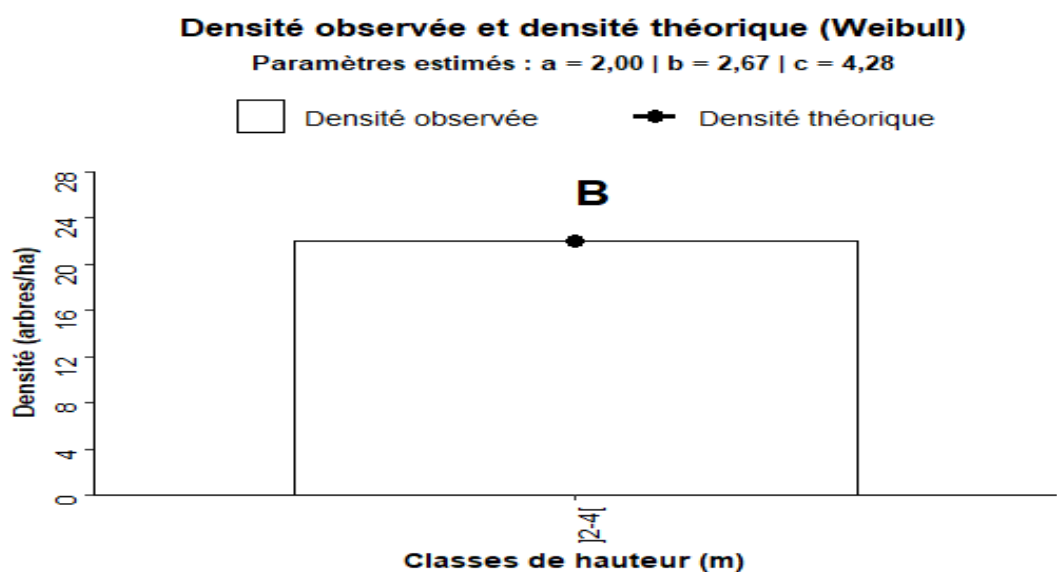


Figure 8 : Structure en classes de hauteur de la population ligneuse (A) et *A. senegalensis* (B) à Zinder

3.2.2 Discussion

La dominance des microphanérophytes et des nanophanérophytes observée dans cette étude est conforme aux résultats obtenus dans plusieurs écosystèmes sahéliens du Niger et d'Afrique de l'Ouest. Des résultats similaires ont été rapportés par Mahamane Ali (2005) dans les parcs agroforestiers du Niger et par Ouédraogo Amadé (2006) au Burkina Faso. Selon ces auteurs, la prédominance des phanérophytes est caractéristique des formations végétales sahélo-soudaniennes où les ligneux jouent un rôle central dans la structuration des écosystèmes. Elle traduit également une bonne adaptation aux conditions climatiques marquées par une longue saison sèche et une forte pression anthropique.

La forte représentation des espèces soudano-zambéziennes confirme l'influence du domaine phytogéographique soudanien dans la structuration de la végétation ligneuse du centre-sud du Niger. Des résultats comparables ont été rapportés dans les régions de Maradi, Zinder et Dosso où les espèces soudano-zambéziennes constituent généralement plus de la moitié des taxons ligneux recensés (Saadou, 1990 ; Arbonnier, 2009 ; White, 1986).

La coexistence d'espèces soudano-zambéziennes, soudano-sahéliennes et saharo-sindiennes traduit également la position de transition du centre-sud nigérien entre les domaines sahélien et soudanien Saadou (1991). Cette situation favorise une diversification floristique importante et contribue à la résilience des écosystèmes face aux fluctuations climatiques.

Chez *Annona senegalensis*, espèce classée parmi les nanophanérophytes soudano-zambéziens, cette appartenance écologique explique sa bonne adaptation aux conditions du centre-sud du Niger et sa forte capacité de régénération observée dans les deux régions d'étude. Cette aptitude écologique contribue au maintien de populations relativement stables malgré les pressions anthropiques exercées sur l'espèce.

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences significatives entre les régions de Maradi et de Zinder en matière de diversité spécifique (H), de diversité théorique maximale (Hmax) et d'équitabilité (E), révélant une variation marquée de la structure des communautés végétales. La région de Zinder présente un indice de diversité de Shannon plus élevé ($H = 2,67$) que celui de Maradi ($H = 2,33$), traduisant une richesse spécifique plus importante et une répartition plus équilibrée des individus entre les espèces. Cette tendance est corroborée par une valeur de Hmax plus élevée à Zinder (3,53 contre 3,14 à Maradi), ce qui suggère un potentiel floristique supérieur. Ces différences pourraient s'expliquer par une pression anthropique relativement moins intense, des conditions environnementales plus favorables ou une meilleure résilience des écosystèmes dans la région de Zinder. Ces observations sont cohérentes avec les travaux de Magurran (2004), qui souligne que l'indice de Shannon augmente lorsque le nombre d'espèces est élevé et que les individus sont répartis de manière relativement homogène entre celles-ci.

L'équitabilité de Pielou (E), relativement élevée dans les deux régions (0,74 à Maradi et à 0,76 à Zinder), témoigne d'une répartition relativement équilibrée des individus entre espèces. Toutefois, la légère supériorité observée à Zinder suggère une meilleure stabilité écologique. Une équitabilité élevée est généralement associée à des écosystèmes plus résilients et moins dominés par quelques espèces tolérantes (Magurran, 2019), cela confirme que les communautés végétales de Zinder semblent moins perturbées ou mieux structurées que celles de Maradi, où des mécanismes de sélection anthropiques et environnementaux pourraient favoriser certaines espèces au détriment d'autres.

La forte significativité statistique observée ($P < 0,001$ pour H, Hmax et E) indique les différences enregistrées ne sont pas aléatoires mais reflètent des variations écologiques réelles entre les deux régions. Ces différences pourraient s'expliquer par plusieurs facteurs écologiques et socio-environnementaux. Dans la région de Maradi, des études récentes ont mis en évidence une pression accrue sur les ressources forestières, notamment à travers l'expansion agricole, le ramassage du bois-énergie et le surpâturage (Diouf et al., 2020 ; Lawali et al., 2021). A l'inverse, certaines zones de Zinder bénéficient d'initiatives de régénération naturelle assistée (RNA), qui ont contribué à l'amélioration de la couverture végétale et à l'augmentation de la diversité spécifique (Reij et al., 2018 ; Abdou et al., 2022).

Les différences observées doivent aussi être interprétées à la lumière des conditions bioclimatiques. Le sud de la région de Zinder, bien que zone sahélienne, reçoit parfois des précipitations légèrement plus régulières et présente des sols plus favorables à l'installation d'une plus grande diversité d'espèces ligneuses et herbacées (Boubacar et al., 2020). En revanche, certaines parties de Maradi sont marquées par un stress hydrique plus accentué, amplifié par les évolutions récentes du climat (Traoré et al., 2019). Ce stress peut limiter la régénération naturelle, réduire la diversité et favoriser le développement d'espèces opportunistes.

Par ailleurs, la structure des communautés peut influencer les pratiques locales de gestion des terres. Là où la RNA, l'agroforesterie et la protection des jeunes plants sont bien adoptées, la diversité tend à augmenter (Yamba et al., 2023). Dans les zones où ces pratiques sont faibles

ou insuffisamment appliquées, comme cela semble être le cas dans certaines localités de Maradi, la diversité spécifique peut diminuer, comme le montrent les valeurs H et E. Ces observations rejoignent les travaux menés dans d'autres régions sahéliennes, qui montrent que la résilience écologique est étroitement liée aux pratiques de gestion durable, à la disponibilité en eau, et à l'intensité des pressions anthropiques (Hiernaux et al., 2020 ; Soumana et al., 2024). *Annonasenegalensis* présente une valeur relativement faible de l'indice de valeur d'importance ainsi qu'une fréquence relative réduite, traduisant une faible occurrence spatiale de l'espèce au sein des relevés et une distribution discontinue dans la zone d'étude. Ces résultats indiquent que l'espèce est peu représentée dans la structure actuelle du peuplement et n'occupe pas une position dominante parmi les espèces ligneuses inventoriées (Kent, 2012).

Cependant, cette faible fréquence relative ne saurait être interprétée comme un indicateur de vulnérabilité. En effet, la fréquence renseigne essentiellement sur la dispersion spatiale des individus adultes, sans intégrer la dynamique de recrutement. A l'inverse, le taux de régénération élevé observé chez *A. senegalensis* révèle une forte proportion de jeunes individus, témoignant d'une capacité de renouvellement démographique efficace et d'une installation réussie des plantules dans les microsites favorables (Peters, 1996).

Dans les écosystèmes soudano-sahéliens, plusieurs auteurs ont montré que de nombreuses espèces ligneuses présentent une faible fréquence relative à l'état adulte tout en assurant leur pérennité grâce à une régénération abondante, souvent favorisée par les perturbations naturelles ou anthropiques modérées (Akpo et al., 2015). *Annonasenegalensis* illustre parfaitement cette stratégie écologique, en raison de sa forte plasticité écologique, de sa capacité de rejets de souche et de sa tolérance aux feux de brousse et au pâturage (Arbonnier, 2009).

Ainsi, la combinaison d'un IVI faible, d'une fréquence relative réduite et un taux de régénération élevé met en évidence un décalage entre la structure spatiale actuelle et la dynamique démographique future de l'espèce. Cette configuration traduit une population écologiquement résiliente, faiblement dominante à l'état adulte mais capable d'assurer son maintien à long terme.

La structure en diamètre et en hauteur pour l'ensemble de la population ligneuse et celle de *Annonasenegalensis* donnent respectivement pour le paramètre de forme (c) variant de 1,50 à 3,16 et 2,45 à 4,28. Les structures en diamètre se trouvent dans le même cortège $1,50 \leq c \leq 3,66$ caractérisant des peuplements à prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre. La structure en hauteur du peuplement d'*Annonasenegalensis* au niveau des deux régions a une valeur de c supérieure à 3,66, ce qui indique une répartition resserrée et régulière autour d'une hauteur moyenne, sans grandes variations verticales. Autrement dit la structure est assez homogène, stable, et bien développée en hauteur, mais pas très irrégulière ou étalée. La dominance des individus jeunes corrobore les résultats de Morou (2010) et d'après ce même auteur, l'avenir de la formation naturelle est d'autant plus assuré que les individus de petit diamètre sont importants. Les ressources végétales du centre-sud nigérien sont en train de se reconstituer si on tient compte de la structure des peuplements (Issoufouet al., 2019).

Conclusion

Cette étude a permis de caractériser la diversité floristique et la structure démographique des peuplements d'*Annonasenegalensis* dans le centre-sud du Niger. Les résultats montrent une richesse floristique plus importante dans la région de Zinder que dans celle de Maradi, avec respectivement 38 et 26 espèces ligneuses recensées.

La flore étudiée est dominée par les microphanérophytes et les nanophanérophites, tandis que les espèces soudano-zambéziennes constituent le principal groupe phytogéographique. Ces caractéristiques confirment l'influence du domaine soudanien et la position de transition écologique du centre-sud du Niger.

La diversité floristique est légèrement plus élevée à Zinder, où l'indice de Shannon atteint 2,67 contre 2,33 à Maradi. Malgré son faible indice de valeur d'importance, *A. senegalensis* présente une capacité de régénération relativement importante, particulièrement à Zinder, où le taux de régénération atteint 79,3 %.

Les structures en diamètre montrent une forte représentation des individus de petites dimensions, traduisant un potentiel de renouvellement démographique favorable. Toutefois, le passage des jeunes individus vers les classes adultes demeure conditionné par les pratiques de gestion, le pâturage, les prélèvements et les conditions environnementales.

Ainsi, les peuplements d'*A. senegalensis* étudiés présentent actuellement une dynamique de renouvellement encourageante. La protection de la régénération naturelle, la promotion de la régénération naturelle assistée et la gestion durable des individus adultes devraient constituer des axes prioritaires pour assurer la conservation à long terme de cette espèce dans les agroécosystèmes du centre-sud du Niger.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdou, A., Mahamane, A., et Saadou, M. (2022). Effet de la régénération naturelle gérée par les agriculteurs sur la structure de la végétation en zone semi-aride du Niger. *Journal of Arid Environments*, 196, 104672.

Abdourhamane, H., Morou, B., Rabiou H, Mahamane, A. (2013).Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(3): 1048-1068.

Akpo, L. E., Grouzis, M., et Gaston, A. (2015). Structure et dynamique des peuplements ligneux en milieu soudano-sahélien. *Sécheresse*, 26, 45 – 56.

Arbonnier, M. (2009). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (2^e édition). CIRAD / MNHN / UICN, France.

- Baggnian. I., Yameogo Jérôme T., Abdou Laouali, Adam Toudou, Mahamane Ali, (2019).**Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux issu de la régénération naturelle assistée (RNA) dans les régions de Maradi et Zinder, Niger.*J.Anim.PlantSci.Vol. 39, Issue 2: 6454-6467*
- Boubacar, H., Dan Guimbo, I., et Yamba, B. (2020).**Distribution écologique des espèces ligneuses au Sahel nigérien. *African journal of Ecology*, 58(3), 412-423.*Journal of Applied Biosciences*210: 22261 – 22276.
- Boubacar, M. M., Inoussa, M. M., Ambouta, J.M.K., Mahamane, A., Jorgen, AA., Harissou, Y., Rabiou, H. (2013).** Caractérisation de la végétation ligneuse et des Organisations pelliculaires de surface des agroécosystèmes à différents stades de dégradation de la Commune rurale de Simiri (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(5):1963-1975.
- Braun-Blanquet, J. (1932).**Sociologie végétale : étude des communautés végétales. McGraw-Hill, New York, États-Unis.
- Brandt, M., Dardel, C., Hiermaux, P., Kergoat, L., Mougin, E., et Grippa, M. (2016).**Évaluation des tendances de la végétation ligneuse dans les zones sèches sahéliennes: changements de la couverture ligneuse, de la biomasse et du stock de carbone.*RemoteSensing of Environment*,183,215-255.
- Diouf, A., Ndiaye, O., et Sambou, B. (2020).** Impacts des pressions anthropiques sur la végétation ligneuse sahélienne. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(5), 322.
- Direction de la Météorologie Nationale du Niger (2020).***Bulletins climatologiques annuels du Niger*.Niamey, Niger.
- Douma S., (2016).**Etude ethnobotanique et écologique des plantes ligneuses alimentaires de souduredes systèmes agroforestiers du sud-ouest du Niger :diversité, importance,structure et niveau de menace. Thèse Doctorat unique de l’Université AbdouMoumouni de Niamey, 93 p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture) (2015).***Etat des ressources en sols du monde*. FAO, Rome.
- Hiernaux, P., Ayantunde, A., et Fernandez-Rivera, S. (2020).**Dynamique des parcours sahéliens sous l’effet du climat et des pressions liées à l’utilisation des terres. *RangelandEcology&Management*,73(4), 530-542.
- Hiernaux, P., Adamou, K., Kergoat, L., Brandt, M., Mougin, E., et Fitts, Y. (2022).**Déclin des Plantes ligneuses au Sahel de l’ouest du Niger (1996-2017): est-il dû au climat ou aux changements d’utilisation des terres ? *Journal of AridEnvironments*, 200, 104719.
- Issoufou, M., et al. (2023).** Étude ethnobotanique et conservation de *Annonasenegalensis*Pers. dans le centre-sud du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 185, 19345–19358.

546 **Kent, M. (2012).**Description et analyse de la végétation (2^{ème} édition). Wiley-Blackwell,
547 Chichester, 414 p.
548

549 **Laouali A., (2016).** Importance ethnobotanique, dynamique des peuplements et écologie
550 de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. au Niger. Thèse Doctorat unique de l'Université Dan
551 DickoDankoulodo de Maradi, 154 p.
552

553 **Laouali, A., Boubé, M., Abasse, T. A. et Mahamane, A. (2016).** Structure et diversité des
554 peuplements de *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. dans le sud-est du Niger. *Journal of*
555 *Plant Studies*, 5(1),58-67.

556 **Larwanou, M., Abdoulaye, M., &Reij, C. (2006).** *Étude sur la régénération naturelle*
557 *assistée au Niger*. USAID.

558 **Lawali, S., Abdourahamane, I., et Adamou, M. (2021).** Dégradation des ressources
559 forestières dans la région de Maradi: causes et impacts écologiques. *Revue Scientifique du*
560 *Sahel*, 7(2), 55-69.
561

562 **Magurran, A. E. (2004).***Mesure de la diversité biologique*. Oxford : BlackwellPublishing.
563

564 **Magurran, A. E. (2019).** Mesurer la diversité biologique (2^{ème} édition). Wiley-Blackwell,
565 Chichester, 256 p.

566 **Mahamane, A. (2005).***Études floristique, phytosociologique et phytogéographique de la*
567 *végétation du Parc régional du W du Niger*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles,
568 497p.

569 **Mahamane, A., Saadou, M., et Bakasso, Y. (2007).** Dynamique des écosystèmes sahéliens.

570 **Mahamane, A. &Saadou, M. (2008).** Étude de la régénération des ligneux dans les systèmes
571 agroforestiers du Niger. 97P.

572

573 **Massaoudou, M., RabiouHabou, Zounon, C.S.F., Tougiani, A., et Van Damme, P. (2022).**
574 Développement de stratégies de propagation végétative pour *Balanites aegyptiaca* dans
575 leSahel nigérien. *International journal of Forestry Research*, 5110018.
576

577 **Morou B., 2010.** Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux
578 pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat
579 Unique, Université Abdou Moumouni de Niamey. 231 p.
580

581 **Ouédraogo, O., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., Guinko, S. (2009).**Diversité et
582 dynamique de la végétation ligneuse juvénile du Parc National d'Arly (Burkina Faso).
583 *Candollea*, 64: 257-278.
584

585 **Peters, C. M. (1996).***Écologie et gestion des ressources forestières non ligneuses*. World
586 Bank Technical Paper n°322, Banque mondiale, Washington D.C., 157 p.

587 **Pielou, E. C. (1966).** Mesure de la diversité dans différents types de collections biologiques.
 588 *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.

589 **Raunkiaer, C. (1934).** *Les formes biologiques des plantes et la géographie botanique.*
 590 Oxford: Clarendon Press. 632 p.

591 **Reij, C., Tappan, G., et Smale, M. (2018).** Régénération naturelle gérée par les agriculteurs et
 592 récupération de la végétation au Niger. *Land Use Policy*, 72, 347-356.

593

594 **Rondeux, J. (1999).** La Mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Presses
 595 Agronomiques de Gembloux. 521 p.

596 **Saadou, M. (1990).** *La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger.* Thèse
 597 de Doctorat ès Sciences naturelles, Université de Niamey, Niger, 395 p. Cette thèse est
 598 également citée comme référence pour la subdivision phytogéographique du Niger.

599 **Saadou M. 1991 :** Propositions de subdivision phytogéographiques du Niger Séminaire sur
 600 la recherche et le développement des ressources agrosylvo-pastorales au Sahel, Niamey, 39 p

601 **Shannon, C. E. (1948).** Une théorie mathématique de la communication (fondement de
 602 l'indice de diversité). *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.

603 **Soumana, I., Issoufou, H., et Mahamane, A. (2024).** Evaluation de résilience de la
 604 végétation au Sahel sous la variabilité climatique. *Ecological indicators*, 159, 111123.

605

606 **Traoré, S., Bationo, A., et Lompo, F. (2019).** Variabilité climatique et réponse de la
 607 végétation dans les zones sèches de l'Afrique de l'ouest. *Climate and Development*, 11(8),
 608 683-695.

609 **Tropenbos International et Réseau ReCA, 2023.** *Rapport technique sur la régénération*
 610 *naturelle assistée (RNA) et la dynamique de la végétation ligneuse en zones sahéliennes.*
 611 Tropenbos International / ReCA, 2023.

612 **White, F. (1986).** *La végétation de l'Afrique : mémoire accompagnant la carte de la*
 613 *végétation de l'Afrique.* Paris : UNESCO, 356 p.

614 **Yamba, B., Moussa, I., et Mahamane, A. (2023).** Impacts de la gestion communautaire sur
615 la diversité végétale dans les zones sahéliennes. *Journal of Environmental Management*, 335,
616 117567.
617
618

UNDER PEER REVIEW IN IJAR