

Diversité floristique, état de la régénération et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger

Ibrahim BIGA^{1*}, Habou RABIOU², Idrissa SOUMANA¹, Mahamadou Mounir ZAKARI³
et Ali MAHAMANE²

¹ Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Départements Gestion des Ressources Naturelles (DGRN) et de Productions Animales (DPA), Laboratoire Eaux, Sol et Végétation, BP 429 Niamey, Niger

² Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Productions Végétales, Laboratoire d'Éremologie et Lutte Contre la Désertification, BP 78 Diffa, Niger

³ Université de Zinder, Institut Universitaire de Technologie, Département Hygiène Sécurité Environnement, Laboratoire Ville et Développement Territorial au Sahel, BP 656 Zinder, Niger

* Correspondance, courriel : ibrahim_biga@yahoo.fr

Résumé

Cette étude a pour objectif de caractériser les parcs agroforestiers des communes de Gothèye, Tagazar et Torodi de la région de Tillabéry situé à l'Ouest du Niger. Les données ont été collectées sur la base des relevés floristiques et dendrométriques réalisés à partir de 168 placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) chacune. Les analyses portent sur la distribution et la diversité floristique, l'importance écologique des espèces, la RNA et les structures en diamètre des peuplements. Les résultats montrent une richesse floristique de 50 espèces réparties dans 38 genres et 17 familles. L'indice de Shannon varie de 3,5 à 2,6 bits et l'équitabilité de Pielou varie de 0,7 à 0,6 traduisant ainsi une diversité moyenne dans la zone d'étude. Les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* et *Hyphaene thebaica* présentent les grandes valeurs d'IVI et d'ISR. Les Zygothylaceae, représentée par l'espèce *Balanites aegyptiaca*, est la mieux représentée avec 33,2 % du nombre d'individus inventoriés. Vingt-deux (22) espèces de la flore juvénile de la RNA sont inventoriées et se régénèrent par semis, rejet de souche et drageonnage. Les structures en diamètre ont mis en évidence des populations à prédominance d'individus jeune et de faible diamètre. Ces résultats contribuent à la connaissance des parcs agroforestiers et à leur gestion durable.

Mots-clés : caractérisation, parcs agroforestier, commune, Tillabéry, Niger.

Abstract

Floristic diversity, state of regeneration and structure of woody vegetation in agroforestry parks in West Niger

The study objective is to characterize the agroforestry parks of Gothèye, Tagazar and Torodi municipalities in Tillabery region of western Niger. Data were collected based on floristic and dendrometric surveys from 168 plots of 2500 m² (50 m x 50 m) each. Analyses were focused on distribution and floristic diversity, ecological importance of species, ANR and diameter structures of stands. Results show a floristic richness of 50 species distributed within 38 genera and 17 families. The Shannon index varies from 3.5 to 2.6 bits and Pielou's

fairness varies from 0.7 to 0.6, thus reflecting an average diversity in the study area. The *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* and *Hyphaene thebaica* species exhibit high IVI and ISR values. The Zygophyllaceae, represented by *Balanites aegyptiaca* species, is best represented with 33.2 % of the number of individuals inventoried. Twenty-two (22) species of ARN juvenile flora were inventoried and regenerate by sowing, stump rejection and suckering. Diameter structures revealed populations of predominantly young and small diameter individuals. These results contribute to the knowledge of agroforestry parks and their sustainable management.

Keywords : *characterization, agroforestry parks, municipality, Tillabery, Niger.*

1. Introduction

Les parcs agroforestiers, façonnés par les exploitations agricoles, jouent un rôle fondamental dans le quotidien des populations rurales. En effet, ils contribuent au bien-être des populations et à la préservation de l'environnement et à l'amélioration de la fertilité des sols [1 - 4]. Cependant, ces agrosystèmes qui génèrent services écosystémiques et produits des arbres qui permettent aux producteurs de faire face aux caprices du climat sont sous les feux d'une forte pression anthropique à travers l'exploitation pastorale, le prélèvement du bois de service et combustible, l'écorage [5]. A ces pressions s'ajoutent d'autres contraintes telles que la variabilité climatique, la baisse de la fertilité des sols, la salinisation des terres et l'érosion [6]. Les effets conjugués de ces pressions anthropique et climatique sur ces ressources contribuent à la rupture de l'équilibre naturel au sein des écosystèmes terrestres [7] et pourraient compromettre les biens et services associés à ce système d'utilisation et de gestion des arbres en milieu agricole [8]. Il urge à développer des stratégies pour une gestion durable des ressources agroforestières afin de les pérenniser pour les générations actuelles et futures. Mais pour y arriver, il est primordial de disposer de données scientifiques fiables et actualisées. C'est dans ce cadre que plusieurs chercheurs se sont penchés sur l'étude de parcs agroforestiers afin de fournir des indicateurs pouvant servir de base pour une gestion durable et de lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. C'est ainsi qu'au Niger, il y a eu plusieurs études sur la productivité, la régénération, la caractérisation, la typologie, la structure et la diversité des parcs [9 - 15]. Des études socio-économiques ont également été menées [16, 17]. Les effets des parcs agroforestiers sur la fertilité des sols et la production agricole ont été aussi étudiés par plusieurs auteurs [18, 19]. Malgré cette panoplie d'études sur les parcs agroforestiers très peu de données scientifiques sont disponibles sur la végétation des milieux agricoles de l'Ouest du pays. Il s'avère utile d'étudier ces parcs méconnus pour la connaissance de leurs ressources forestières en vue d'une gestion durable de ces écosystèmes qui constituent des sources de diversification et d'amélioration des revenus des producteurs [2]. La présente étude rentre dans ce cadre afin de combler ce manque de données. Elle a pour objectif de caractériser la végétation ligneuse des parcs agroforestiers des communes de Gothèye, Tagazar et Torodi de la région de Tillabéry à travers l'analyse de la diversité floristique, la régénération naturelle et la structure démographiques des ligneux

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

Située dans l'extrême Ouest du Niger la région de Tillabéry est comprise entre les latitudes 11° 50' N et 15° 45' N et longitudes 0° 10' E et 4° 20' E. Elle est divisée en six départements composés de quarante-cinq communes [20] dont trois constituent les sites de la présente étude. Il s'agit des communes de Gothèye (164 346,59 ha), Torodi (531 625,16 ha) et Tagazar (139 785,78 ha) [21]. Le climat de la zone d'étude est de type Sahélien avec

des précipitations moyennes annuelles de 200 à 500 mm par an pour les communes de Gothèye et Tagazar et Sahélo-soudanien pour celle de Torodi avec une pluviométrie varie entre 400 et 650 mm. L'Agriculture est la première activité des populations. Elle est à dominance pluviale et extensive. Les parcs agroforestiers, objet de cette étude, sont intensivement cultivés pour la production de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) qui est en association avec le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Ces deux spéculations sont les principales ressources alimentaires de la zone d'étude.

2-2. Collectes de données

L'inventaire a été conduit dans des placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) délimitées dans chaque site. Ainsi un total de 168 placettes réparties en 70 à Gothèye, 40 à Torodi et 58 à Tagazar. Dans chaque placette tous les individus ligneux de diamètre supérieur à 4 cm ont fait l'objet des mesures. Sur chaque individu, il a été mesuré la hauteur totale à l'aide d'une perche graduée, le diamètre du tronc à 1,3 m à l'aide de compas forestier. Deux diamètres perpendiculaires du houppier par projection au sol ont été mesurés à l'aide mètre ruban. La régénération naturelle a été identifiée et inventoriée dans 5 quadras de 25 m² (5 m x 5 m) au niveau des quatre angles et au centre de la placette [22]. Dans cette étude est considéré comme régénération tout individu ligneux dont le diamètre est inférieur à 4 cm [22]. Les modes de régénération ont également été notés. Ils ont été déterminés à travers le dénombrement des semis naturels, des rejets de souche et des drageons.

2-3. Traitements et analyses des données

2-3-1. Classification et nomenclature des espèces

La classification qui a prévalu dans cette étude est la classification phylogénétique [23]. La nomenclature et le statut nomenclature des espèces ont été vérifiés sur les sites des Plantes d'Afrique de Genève [24] et de Tropicos [25].

2-3-2. Types biologiques et phytogéographique des espèces

Les types biologiques utilisés dans cette étude font références à ceux de Rankiaer [26] adoptés à la Flore tropicale [27] où la saison défavorable correspond à la saison sèche. Dans cette étude, seuls les phanérophytes sont concernés. Quant aux types phytogéographiques des espèces, ils font références à la classification phytogéographique de White adapté à la chorologie mondiale [28].

2-3-3. Indice de diversité Alpha

La diversité ligneuse des parcs a été étudiée à partir des indices de diversité qui fournissent plus d'informations sur la composition par rapport à la simple richesse spécifique. Ces indices en plus de la richesse spécifique prennent en comptent les abondances relatives de toutes les espèces [22]. Il s'agit de l'indice de diversité de Shannon (H') et l'équitabilité de Pielou (E).

2-3-3-1. Indice de diversité de Shannon (H')

Cet indice est exprimé en bits combine la richesse taxinomique et le degré de régularité des espèces d'un peuplement. Il est faible lorsque H est inférieur à 2,5 bits ; moyen si H est compris entre 2,5 et inférieur à 4 ; élevé quand H est supérieur ou égal à 4 bits [11] L'indice de Shannon (H') est minimal si par exemple, dans un peuplement, une espèce est dominante et les autres espèces sont représentées par un seul individu. Il est maximal quand les espèces sont variées et réparties de façon équitable. Il est calculé par la **Formule** ci-dessous [22].

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \log^2 P_i \quad (1)$$

P_i étant la fréquence de l'espèce i dans le peuplement, S le nombre d'espèces.

2-3-3-2. Équitabilité de Pielou (E)

L'équitabilité de Pielou exprime le degré de régularité des espèces. Il permet de voir la répartition des individus entre toutes les espèces présentes dans l'unité d'échantillonnage. L'indice (E) varie de 0 à 1. Il tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des individus appartiennent à une seule espèce et prend la valeur 1 quand toutes les espèces ont le même nombre d'individus. Cet indice est faible pour $E < 0,6$; moyen pour E appartenant à l'intervalle 0,6, à 0,70 ; Elevé pour $E \geq 0,8$ [11].

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

H' étant l'indice de Shannon, S le nombre d'espèces, $\log_2 S$ la diversité maximale.

2-3-3-3. Richesse spécifique

Elle est appréciée à partir de la richesse spécifique totale et la richesse spécifique moyenne. La richesse spécifique totale (S) est le nombre total d'espèces que comporte une zone. La richesse spécifique moyenne correspond au nombre moyen d'espèces par relevé pour un échantillon donné [6].

2-3-4. Diversité Beta ou indice de similarité

Cet indice permet la comparaison de la diversité à l'échelle des trois communes constituant la zone d'étude. Cet indice varie de 0 à 1. Plus il est élevé, plus les deux communautés comparées partagent beaucoup d'espèce communes. Le logiciel CAP 2.15 a été utilisé pour le calcul de cet indice. Il est calculé sur la base de la **Formule** ci-dessous [22].

$$I = \frac{2C}{A + B + 2C} \times 100 \quad (3)$$

C étant le nombre d'espèces communes aux deux sites, A le nombre d'espèces du site 1 ; B le nombre d'espèces du site 2.

Pour une valeur supérieure à 50, on peut conclure que les deux parcs comparés appartiennent à une même communauté végétale. Dans le cas contraire, ils appartiennent à des communautés végétales différentes [29].

2-3-5. Indice de valeur d'importance (IVI)

Il a été calculé en pourcentage pour chaque espèce de la flore à partir de la formule de Curtis et McIntosh. Il est calculé par sommation de la densité relative, de la dominance relative et de la fréquence relative [23]. Cet indice permet d'évaluer la prépondérance spécifique d'une espèce dans le peuplement et varie de 0 à 300 %. Toute espèce dont l'indice de valeur d'importance est supérieur ou égal à 10 % est considérée écologiquement importante dans la présente étude [11].

2-3-6. Fréquence des espèces

La fréquence de présence (F) des espèces renseigne sur la distribution d'une espèce dans un peuplement. Exprimée en pourcentage, Elle a été calculée à partir de la **Formule** ci-dessous [22]

$$F = \frac{\text{Nombre de réleves dans lesquels l' espèce est présente}}{\text{Nombre total de rélevés}} \quad (4)$$

2-3-7. Régénération naturelle

La régénération a été étudiée à partir de deux indicateurs à savoir l'indice spécifique de régénération (ISR) et les modes de régénération. L'ISR permet d'apprécier le potentiel de régénération d'une espèce dans un peuplement. Il est obtenu par le rapport entre le nombre des jeunes plants d'une espèce et le nombre total des jeunes plants dénombrés. Il est calculé par la **Formule** ci-dessous [22] :

$$ISR = \frac{\text{Nombre total des jeunes plant d' une espèce}}{\text{Nombre total des jeunes plants denombrees}} \times 100 \quad (5)$$

2-3-8. Structure en diamètre

La structure en diamètre qui rend compte des conditions de vie d'un peuplement a été établie pour les individus de diamètre supérieur à 4 cm avec 5 cm d'amplitude. Deux types de structures ont été réalisés à savoir les structures pour les peuplements et celles des espèces ayant les plus grandes valeurs de IVI des parcs agroforestiers de la zone d'étude. Ces distributions observées ont été comparées à la distribution théorique de Weibull à trois paramètres (a, b, c) appliquée avec le logiciel Minitab14. La distribution de Weibull a été choisie car elle se caractérise par une grande souplesse d'emploi et sa fonction de densité de probabilité se présente sous la forme de **l'Équation** suivante [30] :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (6)$$

X étant le diamètre des arbres ; a le paramètre de position ; b le paramètre d'échelle ou de taille ; c le paramètre de forme lié à la structure en diamètre considérée.

3. Résultats

3-1. Diversité floristique

3-1-1. Composition floristique des parcs

Dans les 168 placettes des parcs agroforestiers des trois communes d'étude, 1586 individus ligneux ont été inventoriés. La richesse spécifique totale des ligneux est de 50 espèces réparties dans 17 familles et 38 genres (**Tableau 1**). Cette richesse floristique varie d'une commune à une autre. Elle est de quarante et une (41) espèces à Torodi, vingt-huit (28) espèces à Tagazar et vingt-trois (23) espèces à Gothèye. Globalement, la famille la plus diversifiée est celle des Fabaceae avec 17 espèces, soient 34 % de la flore ligneuse. Elle est suivie par les Combretaceae qui totalisent 7 espèces, soient 14 %. Toutes les autres familles sont représentées par une à trois espèces. En termes d'individus quatre familles dominent la flore de la zone d'étude. Elles constituent plus de 80 % des individus inventoriés. Il s'agit respectivement des Zygophyllaceae représentées par une seule espèce *Balanites aegyptiaca* (33,23 %) suivie des Fabacaeae (29,95 %) puis des Combretaceae (11,73 %) et des Arcaceae (9,14 %) avec respectivement 17, 7 et 2 espèces.

Tableau 1 : Répartition des espèces selon les familles et genres des parcs

Famille	Individus		Genre		Espèces	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Zygophyllaceae	527	33,23	1	2,63	1	2
Fabaceae	475	29,95	11	28,95	17	34
Combretaceae	186	11,73	4	10,53	7	14
Arecaceae	145	9,14	2	5,26	2	4
Anacardiaceae	67	4,22	3	7,89	3	6
Ebenaceae	39	2,46	1	2,63	1	2
Chrysobalanaceae	37	2,33	1	2,63	1	2
Annonaceae	28	1,77	1	2,63	1	2
Rhamnaceae	28	1,77	1	2,63	1	2
Sapotaceae	16	1,01	1	2,63	1	2
Apocynaceae	7	0,44	1	2,63	1	2
Capparaceae	7	0,44	3	7,89	3	6
Meliaceae	7	0,44	2	5,26	2	4
Malvaceae	6	0,38	2	5,26	3	6
Burseraceae	4	0,25	1	2,63	1	2
Moraceae	4	0,25	1	2,63	3	6
Rubiaceae	3	0,19	2	5,26	2	4
Total	1586	100	38	100	50	100

3-1-2. Fréquence de présence des espèces

Globalement, les espèces les plus fréquentes dans les parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger sont *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaica*, *Combretum glutinosum*, *Acacia nilotica*, *Piliostigma reticulatum*, *Sclerocarya birrea* et *Ziziphus mauritiana* avec respectivement 73 %, 50 %, 24 %, 26 %, 23 %, 25 %, 20 % et 14 % de fréquence, toutes supérieures à 10 % (**Tableau 2**). Les autres espèces sont relativement peu fréquentes dans les parcs agroforestiers avec des fréquences inférieures 10 %. A Torodi, les espèces les plus fréquentes de la flore des parcs sont *Balanites aegyptiaca* (73%), *Piliostigma reticulatum* (38 %), *Combretum micranthum* (35 %), *Hyphaene thebaica* (35 %), *Acacia nilotica* (28 %), *Diospyros mespiliformis* (23 %), *Combretum glutinosum* (23 %), *Sclerocarya birrea* (20 %). Dans les parcs agroforestiers de Tagazar, les espèces les plus fréquentes sont *Faidherbia albida* (83 %), *Balanites aegyptiaca* (53 %), *Ziziphus mauritiana* (28 %), *Piliostigma reticulatum* (26 %), *Neocarya macrophylla* (26 %), *Hyphaene thebaica* (24 %), *Combretum glutinosum* (24 %), *Acacia nilotica* (22 %), *Sclerocarya birrea* (21 %), *Annona senegalensis* (19 %). Et dans les parcs agroforestiers de Gothèye les espèces les plus fré ce sont les espèces *Balanites aegyptiaca* (90 %), *Faidherbia albida* (46 %), *Combretum glutinosum* (29 %), *Acacia nilotica* (20 %).

Tableau 2 : Fréquentes des espèces les plus fréquentes des parcs agroforestiers

Espèces	Global	Torodi	Tagazar	Gothèye
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	73	73	53	90
<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A. Chev.	50	10	83	46
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	24	35	24	17
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	26	23	24	29
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Delile	23	28	22	20
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	25	38	26	17
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	20	20	21	19
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	9	35	2	1
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	8	23	3	4
<i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance ex F. White	9	0	26	0
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	7	3	19	0
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	14	15	28	11

3-1-3. Distribution des types biologiques

Il ressort de l'analyse des types biologiques que la flore de la zone d'étude est dominée par les mésophanérophytes (MsPh) à plus de 60 % de spectre brut. Ensuite viennent les micphanérophyte (McPh) à plus de 20 %. (**Tableau 3**). Pour ce qui est du spectre pondéré ou nombre d'individu par type biologique, les mésophanérophytes dominent largement la flore à plus de 83 % des individus inventoriés (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Spectres des types biologiques brut et pondéré des parcs agroforestiers

TB	Torodi	Gothèye	Tagazar	Torodi	Gothèye	Tagazar
	Spectre brut			Spectre pondéré		
McPh	26,83	30,43	29,63	13,35	4,1	11,99
MsPh	60,98	60,87	66,67	83,03	93,4	86,64
NnPh	9,76	4,35	3,7	2,26	2,32	1,37
LmPh	0	4,35	0	0	0,18	0
MPh	2,44	0	0	1,36	0	0
Total	100	100	100	100	100	100

3-1-4. Distribution des types phytogéographiques

L'analyse du spectre brut des types phytogéographiques met en exergue une abondance et une dominance des espèces africaines particulièrement de l'élément base soudanien sur l'ensemble de la zone d'étude avec respectivement 43,4 %, 41,4 % et 37,04 % pour les communes de Gothèye, Torodi et Tagazar (**Tableau 4**). Cet élément de base est suivi par les espèces soudano-zambéziennes (SZ), les pluri-régionales (PA) et les afro-tropicales avec respectivement 34,7 %, 36,5 % et 37, 04 % pour ces mêmes communes. L'élément de base et les espèces limitées au continent africain dans leur globalité sont dans les mêmes proportions en nombre d'espèces (37,4 %). Le spectre pondéré est dominé par les espèces soudaniennes (40,95 %) dans la commune de Torodi. Les paléotropicales (55,6 %) et les pluri-régionales (31,85 %) dominent respectivement dans les communes de Gothèye et Tagazar (**Tableau 4**). Elles sont suivies par les espèces à large distribution et celles limitées au continent africain et soudaniennes respectivement dans les communes de Gothèye (25,4 %), Tagazar (27,9 %) et Torodi (33,9 %).

Tableau 4 : Spectres des types phytogéographiques brut et pondéré des parcs agroforestiers

Types de distribution	Types Phytogéographique	Gothèye	Torodi	Tagazar
		Spectre brut		
Elément-Base (EB)	Soudanienne (S)	43,48	41,46	37,04
Espèce à distribution limitée au continent africain	Pluri-régionales (PA)	17,39	12,2	11,11
	Soudano-zambézienne (SZ)	17,39	19,51	25,93
	Afro-tropicale (AT)	0	4,88	0
Espèce à large distribution	Paléotropicale (Pal)	21,74	17,07	25,93
	Pantropicale (Pan)	0	4,88	0
Spectre pondéré				
Elément-Base (EB)	S	25,49	40,95	27,91
Espèce à distribution limitée au continent africain	PA	11,23	4,52	31,85
	SZ	7,66	19,91	18,32
	AT	0	0,68	0
Espèce à large distribution	Pal	55,61	33,48	21,92
	Pan	0	0,46	0

3-1-5. Variation de la diversité des ligneux

L'analyse de la diversité alpha fait ressortir une diversité moyenne sur l'ensemble de la zone d'étude. Cependant, il existe une plus grande diversité floristique dans la commune de Torodi que celles de Tagazar et Gothèye (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Diversité alpha des parcs agroforestiers

Indices	unités	Torodi	Tagazar	Gothèye
Richesse spécifique totale	Espèce	41	27	23
Indice de Shannon (H')	Bits	3,8	3,36	2,63
Diversité maximale (Hmax)	Bits	5,35	4,75	4,52
Equitabilité de Pielou (E)		0,71	0,7	0,6

3-1-6. Similarité des communautés de Sorensens

Les indices de similarité montrent que les flores des parcs agroforestiers des trois communes appartiennent à une même communauté végétale car supérieurs à 50 % (**Tableau 6**). Cependant cette similarité est plus prononcée d'une part entre la flore de Tagazar et Torodi (0,68) et d'autre part entre celle de Tagazar et Gothèye (0,65) qu'entre Torodi et Gothèye (0,53).

Tableau 6 : Indice de similarité des parcs agroforestiers

Communes	Torodi	Tagazar	Gothèye
Torodi	1		
Tagazar	0,68	1	
Gothèye	0,53	0,65	1

3-1-7. Indice de valeur d'importance (IVI)

L'analyse de l'indice de valeur d'importance écologique des espèces des parcs agroforestiers met en exergue certaines espèces ($IVI \geq 10$ pour 300) sur les trois communes de la zone d'étude. En effet, quelle que soit la commune, les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Hyphaene thebaica*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia nilotica*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum* ont un IVI supérieur à 10 pour 300 (**Tableau 7**). Ces dernières représentent donc les espèces écologiquement importantes sur l'ensemble des parcs agroforestiers. Mise à part ces espèces coexistent d'autres (*Neocarya macrophylla*, *Annona senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Ziziphus mauritiana*, *Combretum micranthum*) qui ne sont écologiquement importante que localement (**Tableau 7**). Dans les parcs agroforestiers de Gothèye et Torodi l'espèce *Balanites aegyptiaca* présente la plus grande valeur de IVI et se place en deuxième position dans celle de Tagazar. Elle est suivie par les espèces *Faidherbia albida* et *Combretum glutinosum* à Gothèye et *Hyphaene thebaica* et *Piliostigma reticulatum* à Torodi (**Tableau 7**). Quant aux parcs de Tagazar, l'espèce *Faidherbia albida* a la plus grande valeur de IVI suivie respectivement par *Balanites aegyptiaca*, *Hyphaene thebaica* et *Neocarya macrophylla* (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Indice de valeur d'importance écologique des espèces les plus importantes des parcs agroforestiers

Espèces	Torodi	Tagazar	Gothèye
<i>Balanites aegyptiaca</i>	74,09	45,87	126,32
<i>Faidherbia albida</i>	7,02	84,74	49
<i>Hyphaene thebaica</i>	35,08	31,35	20,91
<i>Combretum glutinosum</i>	13,34	20,56	23,45
<i>Piliostigma reticulatum</i>	20,08	14,64	14,82
<i>Acacia nilotica</i>	15,38	11,52	13,44
<i>Sclerocarya birrea</i>	10,23	12,46	16,37
<i>Neocarya macrophylla</i>	0	26,68	0
<i>Diospyros mespiliiformis</i>	14,16	2,6	8,09
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0	12,78	6,11
<i>Combretum micranthum</i>	17,51	0	0,85
<i>Annona senegalensis</i>	1,07	10,62	0,00

3-2. Analyse de la régénération naturelle

3-2-1. Mode de régénération

Les espèces de la régénération naturelle des parcs agroforestiers de la zone d'étude varient d'une commune à une autre. Elle est composée de 26 espèces sur l'ensemble de la zone d'étude (**Tableau 8**). L'analyse des modes de régénération révèle que les espèces de la zone d'étude se régénèrent par drageonnage, par semis et par rejet de souche. La répartition des espèces par mode de régénération montre que les espèces se régénèrent mieux par semis et par rejet de souche dans les parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger avec respectivement 61,02 % et 34,38 % de taux de régénération. La multiplication par drageonnage est faible avec un taux de régénération de 4,59 % (**Tableau 8**). Parmi les espèces recensées, la régénération par semis a été enregistrée chez 16 espèces dont *Hyphaene thebaica*, *Balanites aegyptiaca* et *Faidherbia albida* ont les plus fortes capacités de régénération avec respectivement 32,04 %, 25,59 % et 15,17 % de taux de régénération par semis. Les rejets de souches ont été notés chez 22 espèces dont *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Annona senegalensis* ont les plus fortes capacités de régénération avec 26,34 %, 19,08 %, 8,78 % et 8,40 % de taux de régénération par rejet de souche. La régénération par drageonnage a été uniquement observée chez les espèces *Hyphaene thebaica*, *Balanites aegyptiaca* et *Faidherbia albida*. Parmi ces dernières l'espèce *Hyphaene thebaica* présente le plus fort taux de drageonnage (82,86 %) (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Mode de régénération des espèces de la RNA de la zone d'étude

Espèces	Drageonnage		Rejet de souche		Semis	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<i>Acacia nilotica</i>			10	3,82	18	3,87
<i>Acacia tortilis</i>			1	0,38		
<i>Acacia seyal</i>			2	0,76	7	1,51
<i>Adansonia digitata</i>				0,00	1	0,22
<i>Annona senegalensis</i>			22	8,40	7	1,51
<i>Anogeissus leiocarpus</i>			2	0,76	4	0,86
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5	14,29	50	19,08	119	25,6
<i>Bauhinia rufescens</i>			2	0,76	14	3,01
<i>Boscia senegalensis</i>			1	0,38		
<i>Calotropis procera</i>			4	1,53		

<i>Combretum aculeatum</i>			7	2,67		
<i>Combretum glutinosum</i>			19	7,25		
<i>Combretum micranthum</i>			10	3,82		
<i>Commiphora africana</i>				0,00	2	0,43
<i>Diospyros mespiliformis</i>			5	1,91	27	5,81
<i>Entada africana</i>			3	1,15		
<i>Faidherbia albida</i>	1	2,857	16	6,11	71	15,3
<i>Grewia bicolor</i>			1	0,38		
<i>Grewia flavescens</i>			1	0,38		
<i>Guiera senegalensis</i>			69	26,34	4	0,86
<i>Hyphaene thebaica</i>	29	82,86		0,00	149	32
<i>Maerua crassifolia</i>				0,00	1	0,22
<i>Piliostigma reticulatum</i>			9	3,44	27	5,81
<i>Sclerocarya birrea</i>			4	1,53	8	1,72
<i>Terminalia avicennoides</i>			1	0,38		
<i>Ziziphus mauritiana</i>			23	8,78	6	1,29
Total	35	100	262	100	465	100
Total en %	4,59		34,38		61,02	

3-2-2. Indice spécifique de régénération (ISR)

L'importance spécifique de la régénération a été appréciée à partir des indices spécifiques de régénération (ISR) calculés pour les trois communes (**Tableau 9**). Parmi les 50 espèces recensées dans les parcs agroforestiers de l'Ouest du Niger, seules 26 espèces se régénèrent naturellement. Les espèces qui ont une forte capacité de régénération dans ces zones sont *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaica*, *Guiera senegalensis* *Piliostigma reticulatum* avec respectivement $24,36 \pm 8,50$ %, $19,44 \pm 19,60$ %, $12,62 \pm 13,16$ %, $9,06 \pm 3,05$ %, $5,34 \pm 5,96$ % d'indice spécifique de régénération moyen. Ce potentiel de régénération des espèces diffère d'une commune à une autre. En effet, les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Diospyros mespiliformis*, *Piliostigma reticulatum* et *Hyphaene thebaica* possèdent un bon potentiel de régénération dans les communes de Torodi avec respectivement 23,3 %, 13,9 %, 12,1 % et 10,3 % de ISR. À Gothèye, l'espèce *Guiera senegalensis* présente le meilleur ISR (8,59 %) après *Balanites aegyptiaca* (33,3 %) et *Faidherbia albida* (27,2 %). Et à Tagazar une fois de plus l'espèce *Guiera senegalensis* présente le meilleur ISR (12,3 %) après *Hyphaene thebaica* (41,9 %) et *Balanites aegyptiaca* (16,4 %).

Tableau 9 : Indice Spécifique de régénération (ISR) des espèces

Espèces	Torodi	Tagazar	Gothèye	Moyenne	Ecart Type
<i>Balanites aegyptiaca</i>	23,32	16,42	33,33	24,36	8,50
<i>Hyphaene thebaica</i>	10,31	41,94	6,06	19,44	19,60
<i>Faidherbia albida</i>	1,79	8,80	27,27	12,62	13,16
<i>Guiera senegalensis</i>	6,28	12,32	8,59	9,06	3,05
<i>Piliostigma reticulatum</i>	12,11	0,88	3,03	5,34	5,96
<i>Diospyros mespiliformis</i>	13,90	0,00	0,51	4,80	7,88

3-3. Analyse des structures en diamètre

Les structures en classes de diamètre des peuplements et des espèces de grande importance écologique ($IVI \geq 10$ pour 300) sont présentées ci-dessous (**Figures 1, 2, 3**). Les valeurs du paramètre de forme c de la distribution théorique de Weibull sont comprises entre 1 et 3,6 sur l'ensemble des parcs agroforestiers de la zone d'étude. Les structures en diamètre des parcs agroforestiers présentent une distribution asymétrique positive droite et en cloche. Les espèces de grande importance écologique dont les structures s'ajustent à une

distribution asymétrique positive droite sont *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia nilotica*, *Diospyros mespiliformis*, *Sclerocarya birrea* pour les parcs agorforestiers de la commune de Torodi. Dans ceux de la commune de Tagazar nous avons les espèces *Faidherbia albida*, *Neocarya macrophylla*, *Piliostigma reticulatum*, *Zizyphus mauritiana* et *Sclerocarya birrea*. Dans les parcs agorforestiers de la commune de Gothèye il s'agit des espèces *Faidherbia albida*, *Piliostigma reticulatum*, *Sclerocarya birrea* et *Combretum glutinosum*. Les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Hyphaene thebaica* de grande importance écologique ont leur structure qui s'ajustent à une distribution en cloche quelle que soit la commune (Figures 1, 2, 3). En plus de ces deux espèces s'ajoutent les espèces *Combretum glutinosum* et *Acacia nilotica* respectivement pour les communes de Torodi et Gothèye. Pour la commune de Tagazar; il s'agit des espèces *Combretum glutinosum*, *Acacia nilotica*, *Annona senegalensis*

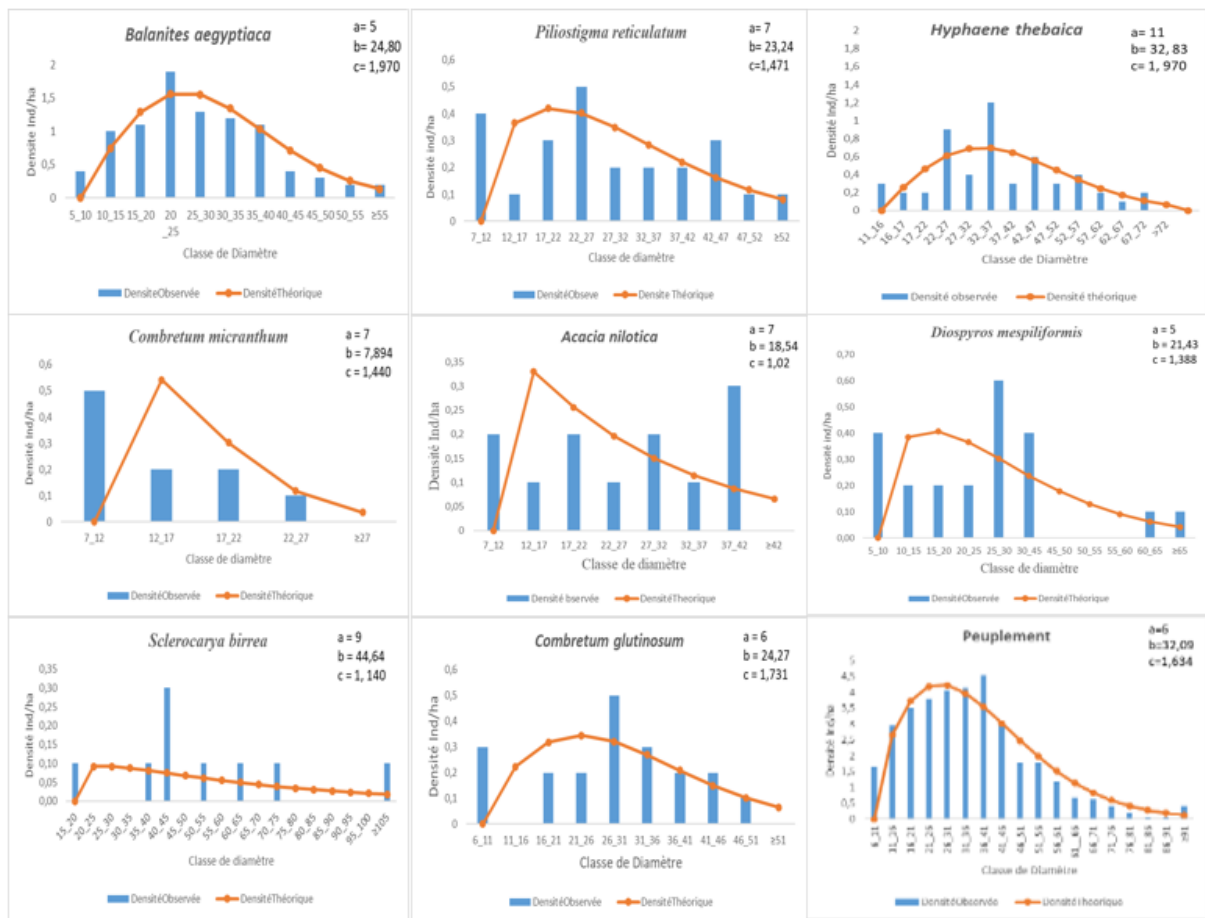


Figure 1 : Structure en diamètre du peuplement et des espèces à IVI ≥ 10 pour 300 des parcs agorforestiers de la commune de Torodi

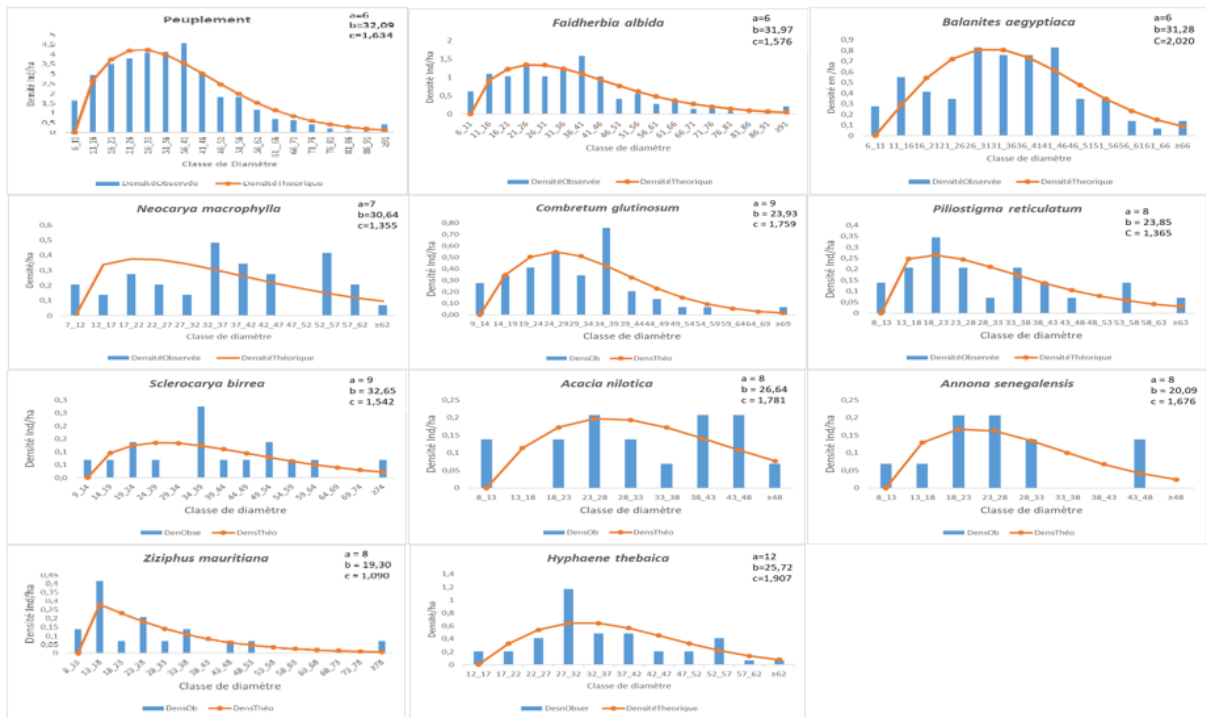


Figure 2 : Structure en diamètre du peuplement et des espèces à $IVI \geq 10$ pour 300 des parcs agroforestiers de la commune de Tagazar

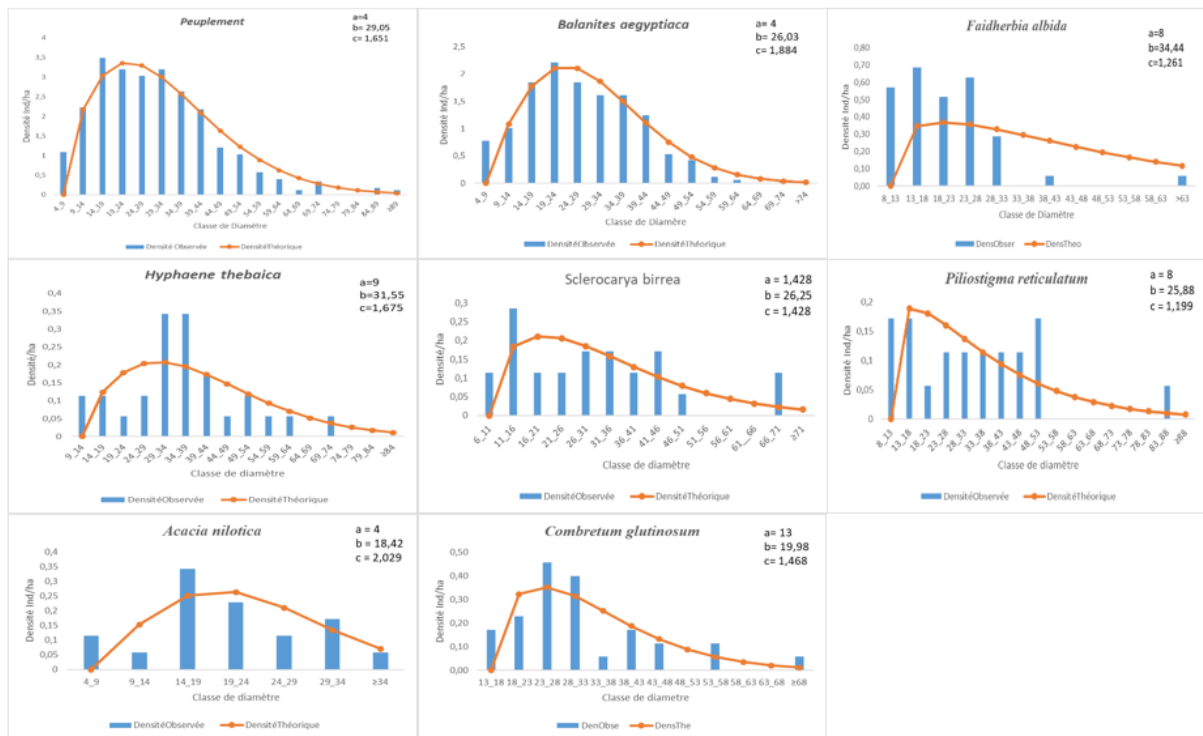


Figure 3 : Structure en diamètre du peuplement et des espèces à $IVI \geq 10$ pour 300 des parcs agroforestiers de la commune de Gothèye

4. Discussion

4-1. Distribution de la flore

Il a été dénombré 50 espèces sur l'ensemble de la zone d'étude dont 41 dans la zone sahélo-soudanienne de Torodi, 28 et 23 respectivement dans la zone sahélienne de Tagazar et de Gothèye. En dépit de moindre nombre des placettes à Torodi par rapport aux deux autres communes, ce dernier site regorge plus d'espèces. En effet, des études ont montré que la zone sahélo-soudanienne et soudanienne renferment plus d'espèces que la zone sahélienne [30]. La supériorité de l'élément de base soudanien par rapport aux autres chorologies montre que les espèces de la zone d'étude sont restées fidèles à leur zone de confinement phytogéographique malgré les perturbations anthropiques [32]. Cependant, les espèces à large distribution présentent des proportions supérieures à 21 % sur l'ensemble de la zone d'étude. Cela dénote d'un début de métamorphose de la flore originelle. Cette tendance à la métamorphose de la flore interpelle le service de l'Environnement et des Eaux et Forêts et toutes les ONG de conservation de la biodiversité. En effet, cette tendance pourrait entraîner une érosion génétique de la biodiversité ligneuse dont les conséquences sont énormes à cette ère de changements climatiques. Des sensibilisations sur l'importance des ligneux en général et en milieu agricole en particulier ainsi que la vulgarisation des techniques de régénérations peu coûteuse telle que la RNA doivent être entreprises pour une résilience efficace de ces écosystèmes [33].

4-2. Variation de la diversité floristique

À la lumière des indices de diversité, les parcs de la zone d'étude renferment une diversité floristique moyenne qui varie d'une commune à une autre. En effet la commune de Torodi située dans la zone sahélo-soudanienne présente un indice de Shannon (H') de 3,8 bits et d'une équitabilité de Piéluou (E) de 0,71 plus élevés que ceux des communes de Tagazar ($H' = 3,36$ bits et $E = 0,7$) et de Gothèye ($H' = 2,63$ bits et $E = 0,6$). Ces résultats sont supérieurs à ceux des peuplements ligneux issus de la régénération naturelle assistée suivant un gradient agro-écologique au centre sud du Niger [31]. Avec une richesse spécifique de 35 espèces pour la zone sahélo-soudanienne et 21 espèces pour la zone sahélienne stricte. Ces auteurs montrent que la diversité est moyenne dans la zone sahélo-soudanienne (3,4 bits) faible dans la zone sahélienne stricte (2,61 bits) et nord-soudanienne (2,55 bits) [31]. Les indices d'équitabilité de Piéluou varient de 0,56 à 0,66 dans les trois zones. Cependant, les résultats sont inférieurs à ceux des parcs agroforestiers à *Diospyros mespiliformis* dans le centre du Niger [10].

4-3. Importance écologique des espèces

L'indice de valeur d'importance est un paramètre important qui indique l'importance écologique des espèces dans un écosystème donné. Les espèces à IVI élevées sont considérées comme plus dominantes que celles dont les IVI sont faibles. Les espèces dominantes impriment leur physionomie à l'ensemble du paysage. Dans le cadre de la présente étude, les espèces *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaica* apparaissent les plus dominantes. Cette dominance de ces espèces pourrait s'expliquer écologiquement par leur densité relative, leur dominance relative et leur fréquence relative. Plusieurs études ont montré l'importance de ces espèces dans les parcs agroforestiers [34 - 36]. Les valeurs IVI sont également utilisées dans les programmes de conservation, où les espèces à faible IVI sont prioritaires pour la conservation [37] et celles à IVI élevées font l'objet d'un aménagement et d'un suivi. À côté des espèces dominantes figurent, en fonction des communes, les espèces *Piliostigma reticulatum*, *Acacia nilotica*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Neocarya macrophylla*, *Combretum micranthum*, *Diospyros mespiliformis*, *Ziziphus mauritiana*. Le suivi et l'aménagement de ces espèces à $IVI \geq 10$ pour 300 doivent être envisagés pour pérenniser les services socio-économiques et écologiques qu'elles offrent et cela de façon durable. Les espèces à faible IVI

telles que *Tamarindus indica*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Annona senegalensis*, *Borassus aethiopicum* ont toutes des fruits qui sont comestibles. Ces espèces sont donc d'une importance capitale dans la lutte contre l'insécurité alimentaire, la pauvreté et les services socio-écologiques qu'il faille nécessairement pérenniser. Pour cela l'implication de la recherche est plus que nécessaire pour des mesures adéquates et concrètes. Parmi celles-ci nous pouvons citer la mise en place des vitro-plants pour booster la régénération végétative de ces espèces. La plantation de ligneux agroforestiers à multiples usages et la promotion de la régénération naturelle assistée doivent être également encouragés dans les parcs agroforestiers des trois communes de la zone d'étude.

4-4. Régénération et fréquence des espèces

Sur les 26 espèces de la régénération naturelle recensées, l'espèce *Balanites aegyptiaca* présente la plus forte capacité de régénération avec $24,36 \pm 8,5$ % de ISR. Elle s'est également distinguée par sa fréquence de présence élevée (73 %) sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette dominance de la famille des Zygophyllaceae sur les autres familles de la flore corrobore les résultats d'enquêtes qu'on a menés dans la zone d'étude. La majorité des enquêtés soit 82,5 % affirment que l'espèce *Balanites aegyptiaca* pullulent dans leurs champs plus que toutes les autres espèces. Et d'après eux cela est dû à la forte capacité de l'espèce de s'adapter aux changements climatiques et de se régénérer aisément contrairement aux autres. La grande capacité de régénération de *B. aegyptiaca* pourrait s'expliquer par son degré de sclérophylle élevé et son système racinaire pivotant pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres pour un arbre ayant 140 cm circonférence [38]. Contrairement à la « Combrétinisation » de la flore des parcs agroforestiers des régions de Maradi et Zinder du centre-Sud du Niger [12], on assiste dans l'Ouest Nigérien et plus précisément dans la zone d'étude de la région de Tillabéry à un début de « Balanitisation » de la flore. Ce début de « Balanitisation » ne doit pas occulter l'absence de 24 espèces de la flore juvénile recensées. Parmi celle-ci figurent des espèces d'importance capitale (*Tamarindus indica*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Borassus aethiopicum* etc) dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté à travers leurs produits ligneux et non ligneux. Ces espèces doivent être prioriser dans les mesures conservation afin de minimiser ou d'éviter une perte de la diversité ligneuse.

4-5. Dynamique des parcs agroforestiers

Les résultats de la distribution des classes de diamètre des parcs agroforestiers ont mis en évidence une distribution asymétrique positive (droite) caractéristique des populations avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre [30]. Cette dynamique de jeune individus pourrait consolider la thèse de reverdissement du sahel à travers la régénération naturelle assistée [12, 31, 39]. Il est nécessaire de confirmer ou d'infirmer cette thèse de reverdissement de la zone d'étude en conduisant des études sur la dynamique de la végétation des parcs agroforestiers à travers les SIG et la Télédétection. Les structures en diamètre des peuplements révèlent également une surexploitation des individus de gros diamètre qui sont peu représentés. Cette situation interpelle les décideurs à une meilleure protection de ces individus adultes pour garantir leur durabilité et leurs multiples fonctions.

5. Conclusion

L'analyse de la flore des parcs agroforestiers des trois communes présente une richesse et une diversité spécifique d'autant plus importante à Torodi que Tagazar et Gothèye. L'étude montre que les espèces agroforestières se régènèrent mieux par semis que par rejet de souche et drageonnage. Les espèces qui ont une forte capacité de régénération dans la zone d'étude sont *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*,

Hyphaene thebaica, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*. Les structures en diamètre des peuplements montrent une forte exploitation des individus à gros diamètres donc des semenciers qui assurent l'avenir des parcs. Une attention particulière est à porter à la protection de ces semenciers au risque de compromettre la durabilité et la diversité des biens et services des parcs agroforestiers de la zone d'étude.

Références

- [1] - G. YAMEOGO, B. YELEMOU, I. J. BOUSSIM et D. TRAORE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (3) (2013) 1087 - 1105
- [2] - S. S. H. BIAOU, A. K. NATTA, A. DICKO et M. M. KOUAGOU, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, (2016), <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org> (septembre 2019)
- [3] - A. A. DIATTA, N. NDOUR, A. MANGA, B. SAMBOU, C. S. Faye, L. DIATTA, A. GOUDIABY, C. MBOW et S. D. DIENG, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (6) (2016) 511 - 2525
- [4] - T. CHEVALLIER, R. CARDINAEL, C. BERAL, C. CHENU et M. BERNOUX, *Forêt-entreprise*, 225 (2015) 49 - 54
- [5] - I. DAN GUIMBO, B. MOROU, H. RABIOU et M. LARWANOU, *Journal of Applied Biosciences*, 107 (2016) 10407 - 10417
- [6] - D. NGOM, B. CAMARA, B. SAGNA et Z. D. GOMIS, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 36 (3) (2018) 5919 - 5932
- [7] - A. GARBA, A. AMANI, S. DOUMA3, A. K. S. SINA et A. MAHAMANE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (1) (2020) 126 - 142
- [8] - A. A. DIATTA, N. NDOUR, A. MANGA, B. SAMBOU, C. S. FAYE, L. DIATTA, A. GOUDIABY, C. MBOW et S. D. DIENG, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (6) (2016) 2511 - 2525
- [9] - T. ABASSE, A. YAYE, Z. ABDOUL HABOU, A. I. ADAMOUM et T. ADAM, *Journal of applied Biosciences*, 66 (2010) 5140 - 5146
- [10] - A. ALI, B. MOROU, M. M. INOUSSA, S. ABDOURAHAMANE, A. MAHAMANE et M. SAADOU, *Afrique Science*, 13 (2) (2017) 87 - 100, <http://afriquescience.info>
- [11] - S. BARMO, A. AMANI, I. SOUMANA, A. ICHAOU, S. KARIM et A. MAHAMANE, *Afrique Science*, 15 (2) (2019) 166 - 185, <http://afriquescience.info>
- [12] - I. BAGGNAN, J. YAMEOGO, L. ABDOU, T. ADAM et A. MAHAMANE, *J. Anim. Plant Sci.*, 39 (2) (2019) 6454 - 6467
- [13] - B. MOROU, H. OUNANI, A. O. ABDOULAYE, A. DIOUF, C. GUERO et A. MAHAMANE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (3) (2016) 1295 - 1311
- [14] - M. MASSAOUDOU et M. LARWANOU, *Journal of Applied Biosciences*, 94 (2015) 8890 - 8906
- [15] - L. MAHAMANE, I. DAN GUIMBO, O. E. MATIG and I. A. IDRISSE, *Continental J. Agricultural Science*, 6 (3) (2012) 38 - 49
- [16] - I. DAN GUIMBO, A. LAOULI, R. HABOU, A. MAHAMANE et K. J.-M. AMBOUTA, *Agronomie Africaine*, 29 (1) (2017) 13 - 9
- [17] - A. LAOUALI, I. DAN GUIMBO, M. LARWANOU, M. M. INOUSSA et A. MAHAMANE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (3) (2014) 1065 - 1074
- [18] - N. DAN LAMSO, Y. GUERO, A. T. DAN-BADJO, L. RABAH, B. B. ANDRE, D. PATRICE, A. B. TIDJANI, N. ADO MAMAN et J. M. K. AMBOUTA, *Algerian journal of arid environment*, 5 (1) (2015) 40 - 55
- [19] - N. DAN LAMSO, Y. GUERO, A. T. DAN-BADJO, 1, L. RABAH, B. ANDRE, D. PATRICE, A. D. TIDJANI, N. A. MAMAN et J. M. K. AMBOUTA, *Revue des BioRessources*, 5 (2) (2015) 1 - 13
- [20] - K. G. LAWAN, B. MAURIZIO et M. MOUSSA, ANADIA Niger, Rapport N° 1 (2014)
- [21] - I. BIGA, A. AMANI, I. SOUMANA, M. BACHIR et A. MAHAMANE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (3) (2020) 949 - 965
- [22] - A. THIOMBIANO, R. GLELE KAKAÏ, P. BAYEN, J. I. BOUSSIM et A. MAHAMANE, *Annales des Sciences Agronomiques*, 20 (2016) 15 - 31
- [23] - APG IV, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181 (2016) 1 - 20

- [24] - AFRICAN PLANT DATABASE, "Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève", South African National Biodiversity Institute, Pretoria, <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>, (Mai-Juillet 2020)
- [25] - TROPICOS.ORG., "Missouri Botanical Garden", <http://www.tropicos.org>, (Mai-juillet 2020)
- [26] - C. RAUNKIAER, Clarendon, Oxford Press, London, (1934)
- [27] - J. L. TROCHAIN, Mémoire de l'Institut Français d'Afrique Noire n2. Librairie Larose, (1940)
- [28] - F. WHITE, UNESCO /AETFAT / UNSO, ORSTOM /UNESCO, (1986)
- [29] - J. DJEGO, M. GIBIGAYE, B. TENTE et B. SINSIN, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2) (2012) 705 - 713
- [30] - R. GLÈLÈ KAKAÏ, W. BONOU, A. M. LYKKE, *Annales des Sciences Agronomiques*, 20 (2016) 99 - 112
- [31] - C. S. F. ZOUNON, T. ABASSE, M. MASSAOUDOU, R. HABOU, K. ADDAM et K. AMBOUTA, *IOSR-JAIVS*, 12 (1) (2019) 52 - 62
- [32] - O. AROUNA, C. G. ETENE et D. ISSIAKO, *Journal of Applied Biosciences*, 108 (2016) 10531 - 10542
- [33] - I. BAGGNIAN, M. ADAMOU MAHAMAN, T. ADAM et A. MAHAMANE, *J. Appl. Biosci*, 71 (2013) 5742 - 5752
- [34] - N. DAN LAMSO, Y. GUERO, A. T. DAN-BADJO, R. LAMAR, B. A. BATIONO, P. DJAMEN, A. D. TIDJANI1, N. A. MAMAN et A. J. M. KARIMOU, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (5) (2015) 2477 - 2487
- [35] - B. ABDOULAYE, A. B. BECHIR et P. M. MAPONGMETSEM, *Journal of Applied Biosciences*, 111 (2017) 10854 - 10866
- [36] - I. BOUBACAR, S. IDRISSE; B. YACOUBA et A. J. M. KARIMOU, *Journal of Applied Biosciences*, 137 (2019) 13940 - 13952
- [37] - H. A. WALE, T. BEKELE and G. DALLE, *Journal of Forestry Research*, 23 (3) (2012) 391 - 398
- [38] - H. POUPON, Travaux et Documents de l'O.R.O.S.T.O.M., N° 115 (1980)
- [39] - E. BOTONI, C. REIJ et M. LARWANOU, in le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte, (2010) 151 - 162