

## Diversité Et Structure Des Peuplements Ligneux Issus De La Régénération Naturelle Assistée (RNA) Suivant Un Gradient Agro-Ecologique Au Centre Sud Du Niger.

Zounon Christian Serge Félix<sup>1</sup>, Abasse Tougiani<sup>1</sup>, Massaoudou Moussa<sup>1</sup>,  
Habou Rabiou<sup>2</sup>, Addam kiari<sup>1</sup>, Ambouta Karimou<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de Gestion des Ressources Naturelles (DGRN), Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 240 Maradi, Niger.

<sup>2</sup> Département de Productions Végétales, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, Niger, BP 78, Diffa, Niger.

<sup>3</sup> Département Sciences du sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey/Niger, BP 10960 Niamey, Niger.

Corresponding Author: Zounon Christian Serge Félix

---

**Résumé:** La régénération naturelle assistée (RNA) joue un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols et la production agricole. La présente étude s'inscrit dans cette logique dont l'objectif principal est d'analyser l'influence du gradient agro-écologique sur les caractéristiques des peuplements ligneux au centre sud du Niger. Cette étude a été conduite dans quinze (15) villages pratiquant la RNA répartis dans trois (3) zones en l'occurrence la zone sahélienne stricte, sahélo-soudanienne et nord-soudanienne soient 5 villages par zone. Un inventaire a été réalisé suivant des transects radiaux dans les quatre points cardinaux. Un total de 254 placettes a été réalisé. Les mesures ont porté sur la hauteur, le diamètre à 1,30 m (DBH) et les deux diamètres perpendiculaires du houppier. Les régénérations naturelles des espèces ligneuses ont systématiquement été comptées. En effet, dans la zone sahélo-soudanienne, 35 espèces réparties en 32 genres et 17 familles ont été recensées, suivie de la zone nord-soudanienne, avec 24 espèces réparties en 23 genres et 14 familles. Enfin, dans la zone sahélienne stricte, il a été recensé 21 espèces réparties en 19 genres et 12 familles. Les Combretaceae (39,3%), et les Capparaceae (31,8%) sont les familles les plus rencontrées, avec *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis* qui sont les espèces les plus importantes de la zone. L'indice de Shannon-Weaver (3,4 bits) est moyen et l'équitabilité de Pielou avec la diversité maximale présentent des grandes valeurs en zone sahélo-soudanienne. Sur le plan dendrométrique, seules la densité des arbres et la surface terrière ont présenté des différences significatives entre les trois zones ( $P \leq 0,05$ ). Pour les trois espèces dominantes, les paramètres de forme  $c$  de la distribution théorique de Weibull observé pour la majorité des structures en classes de diamètres est inférieur à 1. Les individus de classe de diamètre compris entre 2 et 5 cm de ces espèces sont les plus représentés. Ces résultats contribuent à l'amélioration de la connaissance sur les indicateurs d'état des peuplements ligneux naturels pouvant servir de base dans la gestion de la RNA.

**Mots clés:** diversité et structure, régénération naturelle assistée, gradient agro-écologie, Niger

**Abstract:** Farmer-managed natural regeneration (FMNR) plays an important role in improving soil fertility and agricultural production. The present study is part of this logic which main objective is to analyze the influence of the agro-ecological gradient on the characteristics of woody stands in the center of southern Niger. This study was conducted in fifteen (15) FMNR villages spread over three (3) zones, in this case the strict Sahelian, Sahelo-Sudanian and North-Sudanian zone, ie five villages per zone. An inventory was made following radial transects in the four cardinal points. A total of 254 plots have been completed. Measurements were made for height, diameter at 1.30 m (DBH) and both perpendicular diameters of the crown. Natural regenerations of woody species have been systematically counted. In the Sahelo-Sudanian zone, 35 species belonged in 32 genera and 17 families have been identified, followed by the North-Sudanian zone, with 24 species belonged in 23 genera and 14 families. Finally, in the strict Sahelian zone, 21 species have been identified belonged in 19 genera and 12 families. Combretaceae (39.3%) and Capparaceae (31.8%) are the most common families, with *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum* and *Guiera senegalensis* being the most important species in the area. The Shannon-Weaver index (3.4 bits) is average and the Pielou equitability with maximum diversity has more great values in the Sahelo-Sudanian zone. At the dendrometric level, only tree density and basal area showed significant differences between the three zones ( $P \leq 0.05$ ). For the three dominant species, the shape- $c$  parameters of the theoretical Weibull distribution observed for the majority of structures in diameter classes is less than 1. Individuals with a diameter class between 2 and 5 cm of these species are the most represented. These results could contribute to the improvement of the knowledge on the state indicators of natural woody stands that can serve as a basis for the management of FMNR.

**Keywords:** diversity, structure, Farmer-managed natural regeneration, agroecology gradient, Niger

---

Date of Submission: 18-01-2019

Date of acceptance: 02-02-2019

---

## I. Introduction

A l'instar des autres pays sahéliens, le Niger, depuis plusieurs décennies subit les effets néfastes des changements climatiques accentués par la croissance démographique (Larwanou, 2005; Ouédraogo et al., 2006, Dan Lamso, 2015 et Garba, 2017) avec comme conséquence une surexploitation des ressources forestières. Actuellement, les populations des zones rurales sont confrontées à divers problèmes, notamment la pénurie du bois de chauffe de service, de baisse de la production agricole, consécutive à la baisse de la fertilité des sols (Bationo et al., 2012). Dans ce contexte d'appauvrissement du capital productif, les paysans sont dans une situation de diminution, voire même de disparition des jachères et espaces pastoraux accentuant ainsi la paupérisation des populations surtout en zone rurale. Pour rendre l'exploitation des terres durable sur des périodes de plus en plus longue, la protection des arbres dans les champs constitue une alternative. Les arbres procurent des services écosystémiques importants en contribuant à l'amélioration de la qualité des sols à travers la production et la dissémination de la matière organique (Larwanou, 2010 ; Bayala et al., 2014). Cette aptitude potentielle à contribuer au maintien des conditions favorables de production agricole permettant d'accroître la résilience des populations rurales a conduit à des actions volontaires de préservation de la régénération naturelle des ligneux (Reij et al., 2009). Les impacts attendus de telles actions sont, entre autres, la provision de produits (bois, fruits, etc.) mais aussi de services comme la restauration des sols dégradés. Cette pratique développée en réponse aux contraintes démographiques et climatiques a permis aux agriculteurs d'augmenter nettement le nombre d'arbres présents dans leurs champs (Baggnian, 2014, CILSS, 2016). Ainsi, ils ont restauré avec succès les terres dégradées et augmenté les rendements des cultures par conséquent amélioré la résilience des populations. La pratique de la régénération naturelle assistée est d'une importance capitale au Sahel (Dan Guimbo et al., 2012), car, elle est même citée dans certains milieux paysans parmi les stratégies d'adaptation au changement climatique. En dépit de caractère bénéfique de la pratique, elle n'est pas encore adoptée par l'ensemble des populations ou mal pratiquée dans certains terroirs du centre sud du Niger. Cela a amené certains acteurs qui interviennent en milieu rural et certains producteurs d'incriminer le climat. En supposant que les conditions climatiques ne s'apprentent pas à une bonne réussite de la pratique. La présente étude s'inscrit dans cette logique avec comme objectif principal d'analyser l'influence du gradient agro-écologique sur les caractéristiques des peuplements ligneux au centre sud du Niger. L'étude permettra de mettre des indicateurs à la disposition des décideurs et des gestionnaires des ressources naturelles intervenant dans le secteur du développement pour une meilleure gestion de la régénération naturelle assistée.

## II. Matériel et méthodes

### Zone d'étude

Le chef-lieu de la commune rurale de Sherkin haoussa (zone sahélienne stricte) de coordonnées géographiques 007°35'22,23" de longitude Est et 13°50'34,65" de latitude Nord est située au Sud du département de Mayahi à 75 km de Maradi. La population est estimée à 76312 habitants (INS, 2014). Le climat est caractérisé par deux saisons, une courte saison pluvieuse de 3 à 4 mois (juin à septembre) et une saison sèche longue de 7 à 8 mois (Novembre à Mai). Les températures varient de 18°C à 40°C, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 300 à 500 mm. Le réseau hydrographique dominant de la région est la vallée de Goulbi N'kabaqui constitue un atout forestier pour la commune. Elle traverse la commune d'Est en Ouest sur environ 40 km. Trois types de sol sont distingués, les sols de Guéza (sols ferrugineux tropicaux), les sols de Jigawa (sols dunaires) et les sols du Goulbi de texture sablo-limoneuse qu'on rencontre le long de la vallée du Goulbi sur environ une vingtaine de kilomètres. Le chef-lieu de la commune Urbaine d'Aguié (zone sahélo-soudanienne) de coordonnées géographiques 007°46'33,38" de longitude Est et 13°30'03,46" de latitude Nord est située sur la Route Nationale N°1 à 80 km de la Région de Maradi. La population est estimée à 152 788 habitants (INS, 2014). Le climat est caractérisé par deux saisons, une courte saison des pluies de 3 à 4 mois (juin à octobre) et une longue saison sèche de 7 à 8 mois (novembre à mai). Les températures moyennes oscillent entre 15 °C à 40°C, avec une pluviométrie moyenne annuelle qui varie de 400 à 600 mm selon les années. On distingue principalement deux types de sols, Les sols dunaires (Jigawa) et les sols ferrugineux tropicaux (Guéza) de texture limoneuse. La végétation naturelle est constituée de steppe arbustive à arborée. Les ressources floristiques les plus importantes sont localisées dans les forêts classées (forêt classée de Dan Kada Dodo, forêt classée de Dan Gado, forêt classée de Bakabé). Le chef-lieu de la commune rurale de Sarkinyammasaboua (zone nord soudanienne) de coordonnées géographiques 006°55'34,3" de longitude Est et 13°22'26,55" de latitude Nord est située au sud à 15 km de la région de Maradi qui est le chef-lieu de la région, au Nord-Ouest de Madarounfa. La population est estimée à 36 557 habitants (INS, 2014). Le climat est caractérisé par une saison pluvieuse s'étalant sur 3 à 4 mois (juin à septembre) et une période sèche couvrant 8 à 9 mois (octobre à mai) par an. Les températures oscillent autour de 10°C à 40°C, avec une pluviométrie moyenne annuelle qui varie entre 367,6 à 605,7 mm. On distingue deux types de sols, les sols argileux (Fadama) situés à l'Est de la commune et les sols dunaires ou ferrugineux tropicaux lessivés (Jigawa) situés à l'Ouest. La végétation pour l'ensemble de la Commune est structurée en trois (3) grandes unités : on observe une dominance des savanes

arborées à arbustives, des steppes dans la partie nord de la commune et des galeries forestières le long des cours d'eau. L'analyse de la courbe des pluviométries moyennes annuelles des trois zones agro-écologiques sur une période de 30 ans, montre une tendance en dent de scie. Néanmoins, on observe une dominance de la pluviométrie moyenne annuelle au niveau de la zone nord-soudanienne (511,3mm), suivie de celle de la zone sahélo-soudanienne (447,2mm) et enfin celle de la zone sahélienne stricte (380,6 mm). Globalement, on assiste à une fluctuation de la pluviométrie moyenne annuelle sur l'ensemble de la zone d'étude (figure n°1). Cette tendance est caractéristique d'une variabilité climatique.

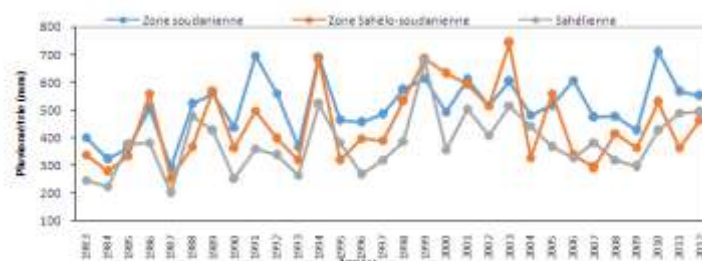


Figure n° 1 : Pluviométrie moyenne annuelle des trois zones agro-écologiques de 1983 à 2012 (Source: Direction de la Météorologie Nationale (DMN))

### Échantillonnage

Les villages ont été échantillonnés dans un premier temps sur la base des entretiens réalisés avec les agents des services techniques départementaux et communaux de la zone d'étude. Ensuite, dans un deuxième temps le choix de chaque village est validé à son sein à travers des focus groupes réalisés chez le chef du village. Les indicateurs renseignés à travers ces focus groupes sont entre autres la pratique de la RNA, l'âge de la pratique et la présence des trois espèces dominantes de la RNA (*Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*). Les informations collectées auprès des populations ont été couplées aux données cartographiques à l'aide des images sentinelles 2A, des trois zones agro-écologiques (sahélienne stricte, sahélo-soudanienne et nord-soudanienne). Cette méthode a permis d'orienter le choix des villages dans les zones de culture pluviale sous parc arboré (figure n° 2, figure n° 3 et figure n° 4). Les images ci-dessous utilisées ont été prises de septembre à décembre 2017, période à laquelle la végétation ligneuse a atteint sa pleine croissance au sahel. Le tableau n° 1 ci-dessous donne les différentes superficies d'occupation du sol par zone.

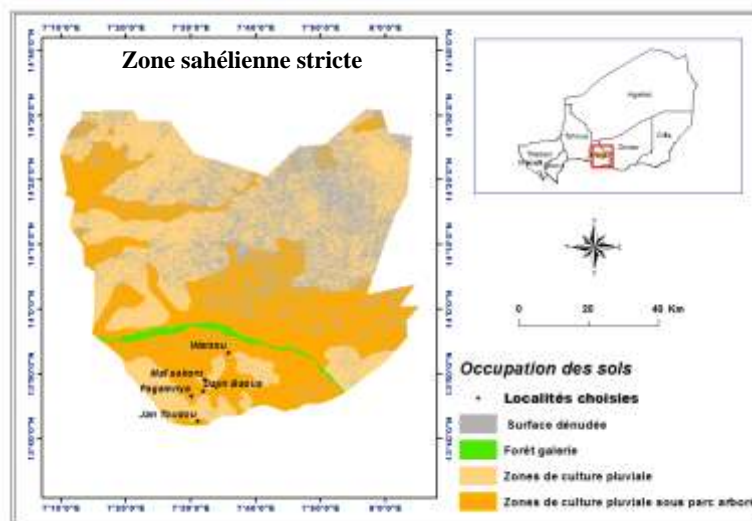


Figure n° 2: Carte de choix des villages et d'occupation des sols de la zone sahélienne stricte

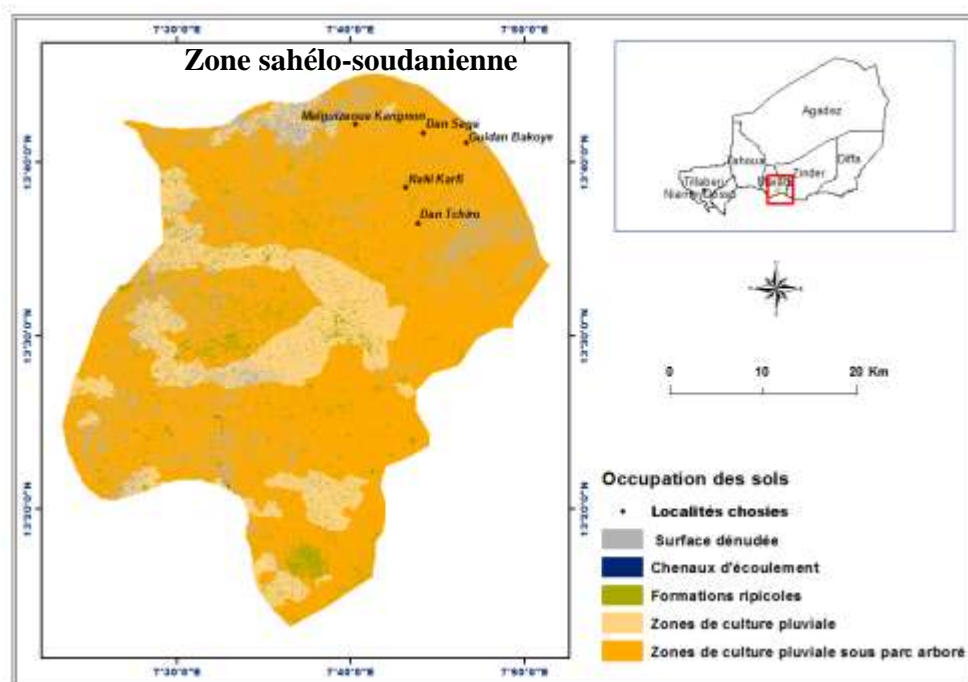


Figure n° 3: Carte de choix des villages et d'occupation des sols de la zone sahélo-soudanienne

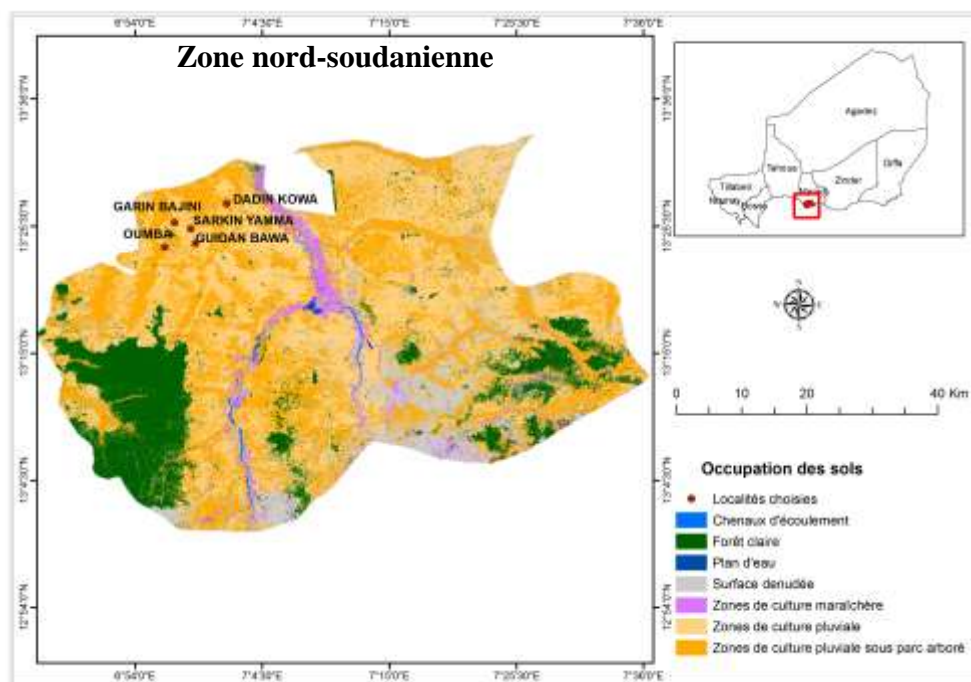


Figure n° 4: Carte de choix des villages et d'occupation des sols de la zone nord-soudanienne

Tableau n° 1: Occupation des sols en superficie des zones

Occupation des sols	Superficie (ha)		
	Zone sahélienne stricte	Zone sahélo-soudanienne	Zone nord-soudanienne
Chenaux d'écoulement	-	24,57	1338,56
Forêt claire	-	-	55579,34
Plan d'eau	-	-	320,47
Surface dénudée	147538,1034	16 650,17	40934,21
Zones de culture maraîchère	-	-	12410,27
Zones de culture pluviale	255 798,21	28 249,69	119255,44
Zones de culture pluviale sous parc arboré	235 840,94	116 974,55	115794,64

<b>Forêt galerie</b>	9692,022393	-	-
<b>Végétation dense</b>	-	10 164,57	-

### Collecte des données

L'inventaire des ligneux s'est déroulé durant le mois de janvier 2018, période à laquelle la végétation ligneuse a atteint sa croissance maximale au Sahel. Au niveau de chaque village, 4 transects radiaires suivant les quatre points cardinaux ont été parcourus. Au total deux cent cinquante-quatre (254) placettes ont servi pour le relevé floristique dont cent (100) placettes dans la zone sahélo-soudanienne, quatre-vingt-un (81) dans la zonesahélienne stricteet enfin soixante-treize (73) placettes dans la zone nord-soudanienne. Les placettes sont dedimensions 50 m X 50 m soitunesuperficie de 2500 m<sup>2</sup>, dimensions recommandées dans les parcs agroforestiers.L'équidistance entre les placettes est de 300mle longde tous les transects, afin de capter l'hétérogénéité du milieu. Les mensurationsont été portées sur tous les individus de toutes espèces ligneuses de diamètre supérieur à 2 cm considérés comme adultes.Les paramètres dendrométriques ayant fait l'objet des mesures sont: la hauteur totale, la circonférence à 1,30 m du sol, les deux (2) diamètres perpendiculaires du houppier respectivement à l'aide d'une perche graduée, un ruban de 2 m et un autre de 20 m. Enfin,le nombre de régénération d'espèces ligneuses ayant un diamètre inférieur ou égal à 2cm sont considérés comme des juvéniles (Maazou, 2017) ont été compté dans chaque placette.

### Analyse et traitement des données

Les données obtenues ont été saisies sur le tableur Excel, qui a permis de déterminer la richesse spécifique. La classification APG 3 a été utilisée dans la détermination des familles des espèces. Les indices de diversité de Shannon (H) et l'Equitabilité de Piélou (E) ont été calculés pour apprécier respectivement la diversité végétale et la manière dont les espèces sont distribuées. Les formules suivantes sont utilisées:

#### Indice de diversité de Shannon-Weaver (H) exprimé en bit

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

**P<sub>i</sub>** : fréquence de l'espèce (i); **n<sub>i</sub>** : nombre d'individus de l'espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces); **N** : nombre total d'individus

La diversité est faible lorsque H est inférieur à 3 bits ; moyenne si H est compris entre 3 et 4 bits; élevé quand H est supérieur ou égal à 4 bits.

#### Indice d'équitabilité de Piélou

L'équitabilité de Pielou (E) traduit la manière dont les individus sont distribués à travers les espèces. Elle se calcule par la formule suivante :

$$E = \frac{H}{H_{max}} \quad (3)$$

**Avec H**: Indice de diversité de Shannon;

$$H_{max} \text{ (indice de diversité maximale)} = \log_2 S; \quad (4)$$

**S**=Nombre total des espèces dans une communauté (Richesse spécifique)

Si  $E \in [0, 0,6]$  alors l'équitabilité de Pielou est faible (phénomène de dominance existant dans la communauté).

Si  $E \in [0,7 - 0,8]$  alors l'équitabilité de Pielou est moyenne.

Si  $E \in [0,8 - 1]$  alors l'équitabilité de Pielou est élevée (absence de dominance dans la communauté) (Garba et al., 2017).

L'indice de valeur d'importance (IVI), exprimé en pourcentage, il varie de 0 à 300%.

$$IVI = Fr \text{ relative } (\%) + Fr \text{ dominance basale } (\%) + Fr \text{ dominance relative } (\%) \quad (5)$$

Fr relative est la fréquence relative de l'espèce, Fr dominance basale est la fréquence de surface terrière de l'espèce et Fr dominance relative est la fréquence de recouvrement formé par l'espèce.

IVI a été calculé en vue de classer les espèces suivant leur important dans l'ensemble du peuplement.

**Diamètre quadratique moyen (Dg)** exprimé en centimètre (cm) est calculé selon la formule (Bonouet al., 2009):

$$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (6)$$

n = nombre total d'arbre rencontrés dans la placette et d<sub>i</sub> = diamètre de l'arbre i (cm).

**Hauteur moyenne de Lorey (HL)** exprimé en mètre (m) est la hauteur moyenne des individus pondérée à leur surface terrière. La formule est la suivante :

$$HL = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad (7)$$

Avec  $g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$  (Rondeux, 1999) (8)

- La surface terrière globale (G) exprimée en (m<sup>2</sup>/ha) est donnée par la formule (Bonou et

$$\text{al., 2009): } G = \frac{\Pi}{40000 \times S} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (9)$$

S= superficie de la placette en hectare et di = diamètre de la tige i (cm).

- Densité de régénération (Dr) est effectué d'après la formule suivante:

$$Dr = \frac{ni}{Sp} \quad (10)$$

ni=nombre d'individu de diamètre < 2 cm et Sp= Superficie de la placette

### Structure des peuplements

La distribution théorique de Weibull à trois paramètres (de position a, d'échelle ou de taille b et de forme c) a été utilisée pour caractériser la structure en classes de diamètres des espèces dominantes, à la faveur de sa souplesse d'emploi et une grande variabilité de forme de distribution qu'elle produit. Sa fonction de densité de probabilité f (x) se présente sous la forme ci-dessous:

$$F(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp\left\{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right\} \quad (11)$$

Le paramètre **a** correspond à la valeur seuil ; c'est-à-dire la plus petite valeur de diamètre ; le paramètre **b** est lié à la valeur centrale de la distribution des classe de diamètre. Enfin, le paramètre **c** est lié à la structure observée et selon sa valeur conduit la distribution de Weibull à prendre plusieurs formes. Un test d'ajustement de la distribution observée à la distribution théorique de Weibull (Rondeux, 1999) a été effectué à l'aide du logiciel Minitab16. Le logiciel SPSS version 20 a été utilisé pour la détermination des fréquences des espèces de chaque famille.

## III. Résultats

### Composition floristique

Un total de 39 espèces réparties dans 18 familles a été recensé sur l'ensemble des sites (tableau n° 2). Les espèces se répartissent en 21 espèces regroupées dans 12 familles au niveau de la zone sahélienne stricte, 35 espèces réparties en 17 familles dans la zone sahélo-soudanienne et enfin 24 espèces réparties en 14 familles dans la zone nord-soudanienne. L'analyse du tableau 1 montre que les familles les plus dominantes sont les *Capparaceae* et les *Combretaceae* sur l'ensemble des sites. À elles seules, ces familles représentent plus de 50% de la communauté végétale au niveau de chaque site. Les autres familles représentent 18,8% dans la zone sahélienne stricte, 37,3% dans la zone sahélo-soudanienne et enfin 27,8% dans la zone nord-soudanienne. Ces deux familles impriment leur physionomie à l'ensemble de la zone d'étude.

**Tableau n° 2:** Pourcentage des familles des espèces par zone agro-écologique

Familles	Globale (%)	Sahélienne stricte (%)	Sahélo-soudanienne (%)	Nord-soudanienne (%)
Anacardiaceae	1,3	0,3	2,2	1,4
Annonaceae	2,1	1,5	4,5	-
Appocynaceae	0,3	0,1	0,6	-
Arecaceae	0,1	-	0,2	-
Bignoniaceae	0,2	0,4	0,2	0,1
Burseraceae	0,5	0,9	0,6	0,1
Capparaceae	<b>31,8</b>	<b>29,9</b>	<b>19,1</b>	<b>47,1</b>
Combretaceae	<b>39,3</b>	<b>51,2</b>	<b>43,6</b>	<b>25</b>
Ebenaceae	0	-	-	0,1
Fabaceae	16,2	11,3	14,1	22,4
Lamiaceae	0,1	-	0,1	0,2
Loganiaceae	0,1	0,3	0,1	-
Malvaceae	0,2	-	0,3	0,2
Meliaceae	3,2	0,7	7	1,1
Rhamnaceae	2,2	1,8	3	1,7
Rubiaceae	0,2	-	0,4	0,2
Sapotaceae	0,1	-	0,1	0,2
Zygophyllaceae	1,9	1,5	3,9	0,1
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

### Analyse de la diversité

La zone sahélo-soudanienne est moyennement riche en espèce que la zone sahélienne stricte et nord-soudanienne (tableau n°3). L'analyse de l'indice de Shannon-Weaver montre 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). Les indices d'équitabilité de Pielou varient de 0,56 à 0,66 dans les trois zones. Avec une valeur élevée dans la zone sahélo-soudanienne. L'indice de diversité maximale est plus élevé dans la zone sahélo-soudanienne (5,13) et un peu faible dans les zones nord-soudanienne (4,58) et sahélienne stricte (4,39). On constate pour tous les paramètres de la diversité étudiée que la zone sahélo-soudanienne présente les valeurs les plus élevées.

**Tableau° 3:** Indices de diversité

Paramètres	S	H	E	Hmax
Globale	39	3,17	0,6	5,29
Zone sahélienne stricte	21	2,61	0,59	4,39
Zone sahélo-soudanienne	35	3,4	0,66	5,13
Zone nord-soudanienne	24	2,55	0,56	4,58

S= richesse spécifique; H= indice de diversité de Shannon; E= équitabilité de Pielou, Hmax= diversité maximale

**Indice de valeur d'importance des espèces ligneuses**

L'analyse des indices des valeurs d'importances (Tableau n°4) montre que *Piliostigmareticulatum*, *Combretumglutinosum* et *Guierasenegalensis* dominant suivant l'ordre de citation dans les zones sahélienne stricte et nord-soudanienne. Mais dans la zone sahélo-soudanienne, c'est l'espèce *Combretumglutinosum* qui domine suivis de *Piliostigmareticulatum* et enfin *Guierasenegalensis*. Ces espèces sont les plus importantes de la zone d'étude qui ne soient pas protégées par le code forestier. Au niveau de chaque zone, les IVI de ces trois espèces représentent plus de 150 pour 300.

**Tableau n° 4:** Indice de valeur d'importance des espèces ligneuses par zone agro-écologique

Espèces	IVI (%)			
	Global	Zone sahélienne stricte	Zone sahélo-soudanienne	Zone nord-soudanienne
<i>Acacia laeta</i>	0,1	-	0,2	-
<i>Acacia nilotica</i>	3,5	2,3	4,9	0,9
<i>Acacia senegal</i>	1,9	2,3	0,7	4,5
<i>Adansoniadigitata</i>	0,0	-	0,1	-
<i>Albizzia chevalieri</i>	3,1	2,6	3,9	2,6
<i>Annonasenegalensis</i>	3,4	2	8	-
<i>Anogeissusleiocarpus</i>	0,4	-	1,2	-
<i>Azadirachtaindica</i>	10,1	1,4	22,1	4,5
<i>Balanites aegyptiaca</i>	6,3	3,6	13,5	0,3
<i>Bauhinia rufescens</i>	1,1	-	2,9	0,3
<i>Bombax costatum</i>	0,3	-	0,6	0,2
<i>Bosciasalicifolia</i>	0,2	-	0,7	-
<i>Calotropisprocera</i>	0,3	0,2	0,7	-
<i>Cassia singueana</i>	3,3	0,2	7	1,9
<i>Combretumglutinosum</i>	<b>70,6</b>	<b>70,4</b>	<b>106,4</b>	<b>30,5</b>
<i>Combretummicranthum</i>	0,3	0,6	0,2	-
<i>Commiphoraafricana</i>	0,6	1,2	0,7	0,1
<i>Detariummicrocarpum</i>	4,0	-	-	12,9
<i>Dichrostachyiscinerea</i>	0,1	-	-	0,3
<i>Diospyrosmespiliformis</i>	0,2	-	-	0,8
<i>Entadaafricana</i>	0,5	-	1,2	-
<i>Faidherbiaalbida</i>	20,9	30	27,7	3,9
<i>Grewiaflavescens</i>	0,0	-	0,1	-
<i>Guierasenegalensis</i>	<b>23,6</b>	<b>42,9</b>	<b>13,3</b>	<b>21</b>
<i>Hyphaenethebaica</i>	0,2	-	0,4	-
<i>Lanneafruticosa</i>	0,6	-	1,7	-
<i>Lanneamicrocarpa</i>	1,0	-	-	3,3
<i>Maeruaacrossifolia</i>	11,0	28,2	5,2	-
<i>Piliostigmareticulatum</i>	<b>92,2</b>	<b>103,8</b>	<b>59,3</b>	<b>115,8</b>
<i>Prosopis africana</i>	27,9	1,2	1,6	85
<i>Sclerocaryabirrea</i>	4,4	1,6	6,5	4
<i>StereospermumKunthianum</i>	0,6	0,7	0,3	0,7
<i>Strychnos spinosa</i>	0,2	0,4	0,3	-
<i>Tamarindusindica</i>	0,7	1,1	0,9	-
<i>Terminaliaavicennioides</i>	0,5	-	1,3	-
<i>Vitellariaparadoxa</i>	0,5	-	0,1	1,5
<i>Vitex doniana</i>	0,4	-	0,6	0,5
<i>Xeromphisnilotica</i>	0,3	-	0,5	0,3
<i>Ziziphusmauritiana</i>	4,6	3,3	5,3	4,4
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>

**Paramètres dendrométriques**

L'analyse du tableau°5 montre que pour la densité des arbres et la surface terrière, il existe une différence statistiquement significative entre les trois zones ( $P < 0,05$ ). Les valeurs les plus élevées pour ces deux paramètres sont obtenues dans la zone nord-soudanienne. Mais la faible valeur de la densité est obtenue dans la zone sahélienne stricte et pour la surface terrière dans la zone sahélo-soudanienne. Tandis que pour le diamètre moyen, la hauteur moyenne de Lorey et la densité de régénération, il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les zones ( $P > 0,05$ ).

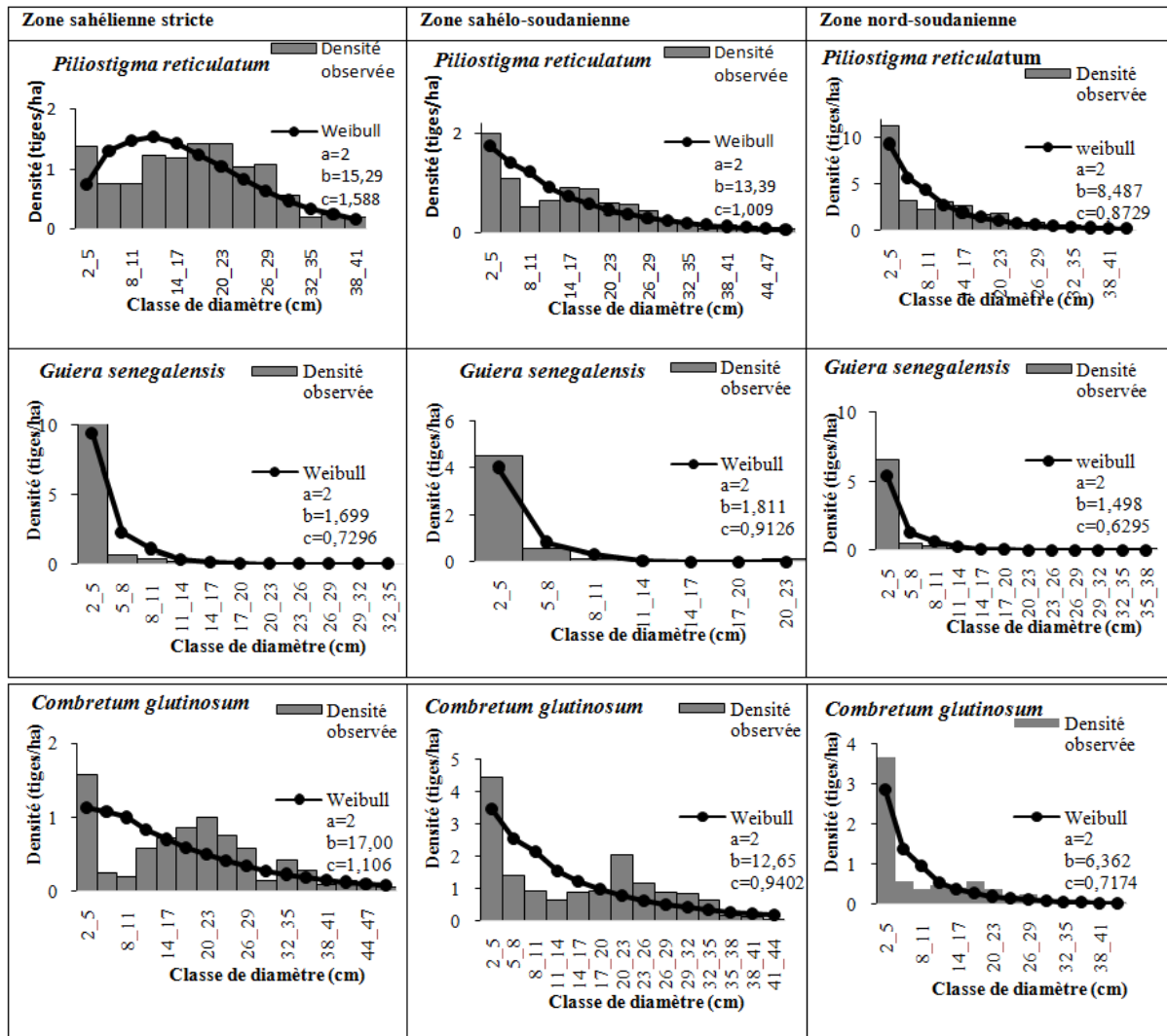


**Tableau n° 5:** Paramètres dendrométriques par zone agro-écologique

Paramètres dendrométriques	Sahélienne stricte	Sahélo-soudanienne	Nord-soudanienne	Probabilité
Densité (Individus/ha)	36,6±23,9 <sup>a</sup>	40±21 <sup>a</sup>	51±23,3 <sup>b</sup>	<0,000
Diamètre moyen (cm)	19,5±10,3 <sup>a</sup>	19,9±5,9 <sup>a</sup>	18,8±8,8 <sup>a</sup>	0,192
Hauteur moyenne de Lorey (m)	6,7±1,8 <sup>a</sup>	7,3±1,6 <sup>a</sup>	7,1±2,2 <sup>a</sup>	0,091
Surface terrière globale (m <sup>2</sup> /ha)	1,3±3,1 <sup>b</sup>	1,2±0,6 <sup>a</sup>	1,4±1 <sup>a</sup>	<0,031
Densité de régénération (pied/ha)	271±58,1 <sup>a</sup>	131,8±58,9 <sup>a</sup>	134,9±75,1 <sup>a</sup>	0,831

**Structures en diamètres des espèces dominantes**

Les structures en diamètres des espèces *P. reticulatum*, *G. senegalensis* et *C. glutinosum* de chaque zone d'étude sont présentées dans la figure n°5. L'analyse de ces dernières montre que la plupart des structures en diamètre des trois sites présentent une allure en "J Renversé", avec un paramètre de forme c inférieur à 1. Cette situation est caractéristique des peuplements à fort potentiel de régénération. Mais pour l'espèce *P. reticulatum* et *C. glutinosum* de la zone sahélienne strictes des allures de structures en cloche, avec des valeurs de c comprises entre 1 et 3,6 sont obtenues. Elles sont caractéristiques d'une distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de petits diamètres. À l'exception de l'espèce *P. reticulatum* de la zone sahélienne qui présente un nombre d'individus élevé dans les classes 17 à 20 et 20 à 23 cm. Toutes les autres structures de diamètre présentent un nombre d'individus important dans la classe de 2 à 5 cm. Ces espèces font l'objet de plusieurs types de pressions anthropiques dont entre autres, la coupe frauduleuse de bois, l'écorçage, le prélèvement des petites racines pour la pharmacopée traditionnelle et des grosses racines pour la construction des huts (figure n° 6) au nord du pays.



**Figure n° 5:** Structure en diamètre des trois espèces dominantes par zone agro-écologique





Figure n° 6: Types de pressions anthropiques fréquentes dans la zone d'étude.

A= écorçage de *C. glutinosum* ; B= tentative de coupe de *F. albida* ; C= prélèvement des racines de *C. glutinosum* pour la pharmacopée; D= trou de prélèvement des grosses racines de *C. glutinosum* pour la construction des huts au nord du pays.

#### Paramètres dendrométriques des trois espèces dominantes

L'analyse des paramètres dendrométriques par espèces dominantes établies selon les zones montre que seuls la densité de *C. glutinosum* et le diamètre moyen de *G. senegalensis* ne présentent pas de différence statistiquement significative (tableau n° 6). Pour les autres paramètres, il existe une différence significative ( $P < 0,005$ ). On remarque que la zone sahélienne stricte se distingue par des valeurs élevées de diamètre moyen de *C. glutinosum* et de hauteur moyenne de *C. glutinosum* et de *P. reticulatum*. Ainsi que des valeurs élevées de densité d'arbre et de densité de régénération de *G. senegalensis*. Pour la densité de régénération de *C. glutinosum* et de *P. reticulatum* avec la densité d'arbre de cette dernière, les valeurs élevées sont observées dans la zone nord-soudanienne. Quant au diamètre moyen de *P. reticulatum* et la hauteur moyenne de *G. senegalensis*, c'est la zone sahélo-soudanienne qui possède les plus grandes valeurs.

Tableau n° 6: Paramètres dendrométriques des espèces dominantes par zone agro-écologique

Paramètres dendrométriques	Sahélienne stricte	Sahélo-soudanienne	Nord-soudanienne	Probabilité
<b>Combretum glutinosum</b>				
Densité (Individus/ha)	20±12,6 <sup>a</sup>	10,7±8,4 <sup>a</sup>	11,2±9,4 <sup>a</sup>	0,202
Diamètre moyen (cm)	22,3±8,6 <sup>a</sup>	20,05±8,26 <sup>a</sup>	13,9±10,2 <sup>b</sup>	<0,001
Hauteur moyenne	6,1±2,6 <sup>a</sup>	5,9±9,7 <sup>b</sup>	4,4±2,4 <sup>c</sup>	<0,001
Densité de régénération (pied/ha)	14,5±14,5 <sup>a</sup>	217,9±257 <sup>b</sup>	227,5±423,9 <sup>c</sup>	<0,001
<b>Piliostigma reticulatum</b>				
Densité (Individus/ha)	14,1±11,4 <sup>a</sup>	11,1±9 <sup>a</sup>	28,7±18 <sup>b</sup>	<0,001
Diamètre moyen (cm)	20,9±10,4 <sup>a</sup>	21,1±10,4 <sup>a</sup>	15,9±7,4 <sup>b</sup>	<0,002
Hauteur moyenne	5,1±1,7 <sup>a</sup>	5±2,3 <sup>a</sup>	4±2,1 <sup>b</sup>	<0,001
Densité de régénération (pied/ha)	21,5±23,1 <sup>a</sup>	17±10,6 <sup>a</sup>	55,5±35,1 <sup>b</sup>	<0,001
<b>Guiera senegalensis</b>				
Densité (Individus/ha)	20,1±30,7 <sup>bc</sup>	9,2±9,1 <sup>a</sup>	13,1±12,9 <sup>ac</sup>	<0,048
Diamètre moyen (cm)	5,9±6,2 <sup>a</sup>	4,7±3,2 <sup>a</sup>	6,5±9 <sup>a</sup>	0,252
Hauteur moyenne	2,6±1,1 <sup>a</sup>	2,8±2,4 <sup>b</sup>	2,6±2 <sup>c</sup>	<0,001
Densité de régénération (pied/ha)	996±418,6 <sup>b</sup>	67,4±47,8 <sup>a</sup>	706±737,2 <sup>b</sup>	<0,001

## IV. Discussion

### Composition floristique

La richesse spécifique est plus importante dans la zone sahélo-soudanienne (35 espèces, 17 familles) et faible dans la zone nord-soudanienne (24 espèces, 14 familles) et sahélienne stricte (21 espèces, 12 familles). Avec une dominance des familles de Capparaceae et de Combretaceae sur l'ensemble des sites. Le résultat obtenu dans la zone sahélo-soudanienne pour la richesse spécifique est supérieur à celui obtenu par Bagnian (2014) dans la même zone qui est de 26 espèces réparties dans 15 familles. Mais, ce résultat est inférieur à celui obtenu par Haoua (2014) (37 espèces réparties dans 20 familles) dans la même zone. Le résultat sur le nombre d'espèces observé en zone sahélienne stricte dans la présente étude corrobore celui obtenu par Savadogo et al. (2015) sur le même site (21 espèces réparties dans 14 familles). Dans la zone nord-soudanienne, la richesse spécifique obtenue est supérieure à celle observée par Moussa et al. (2015) dont l'étude a permis de recenser 20 espèces réparties dans 17 familles dans la zone. Les différences de richesses spécifiques observées entre les études antérieures et la présente, seraient dues aux effets de la pratique de la RNA qui a contribué efficacement à la conservation de la biodiversité. Ainsi qu'à l'apparition des nouvelles espèces ou des espèces disparues dans les terroirs. Car, certains pratiquants de la RNA ensemencent ou plantent dans leurs champs des espèces de leur choix qu'ils ne disposent pas dans leur terroir. Ces espèces proviennent des terroirs voisins ou bien hors du Niger, dans des pays comme le Nigéria. A cela s'ajoute aussi la dissémination des champs en espèces

ligneuses à travers les fèces des animaux. Ces derniers sont attirés par les ligneux de la RNA en saison sèche, après la libération des champs par les agriculteurs pour l'alimentation et l'ombrage.

### **Indices de diversité**

Les indices de diversité de Shannon montrent une diversité végétale moyenne dans la zone sahélo-soudanienne (3,4 bits) et faible dans la zone sahélienne stricte (2,61 bits) et nord-soudanienne (2,55 bits). Cette diversité élevée dans la zone sahélo-soudanienne s'explique par l'intervention accrue des projets, ONGs, services de l'environnement et la détermination des comités villageois de surveillance de la RNA dans cette localité (Baggnian, 2014). La variation de la diversité végétale entre les zones est aussi tributaire de la densité de la population et des conditions édapho-climatique de la région (Larwanou et al., 2012, Moussa et al., 2015 Garba et al., 2017). Les indices d'équitabilité de Pielou ont fait ressortir un phénomène de dominance dans toutes les zones. Cela s'explique par la différence des capacités d'adaptation de certaines espèces caractéristiques d'un climat donné leur permettant de coloniser rapidement les milieux naturels (Abdourhamane et al., 2013). Sur l'ensemble des sites, les espèces *C. glutinosum*, *P. reticulatum* et *G. senegalensis* font parties des espèces les plus importantes de la communauté végétale (Savado, 2015, Haoua, 2014, Ambouta et al., 1998, et Baggnian et al., 2014).

### **Espèces dominantes**

La dominance de ces espèces peut aussi être due à leurs fortes capacités de régénération (Akpo et Grouzi, 1996), des avantages qu'elles procurent aux agricultures (Larwanou, 2005) et du fait qu'elles sont favorables aux conditions pédoclimatiques de la zone (Ambouta et al., 1998, Karoune, 2016). Le maintien de ces taxa dans de telles conditions peut aussi s'expliquer par leur statut d'espèces non protégées par le code forestier nigérien. Mais ces espèces sont protégées par consensus entre les paysans. Cela laisse aux agricultures une large utilisation des produits issus de ces espèces. Du fait que certaines d'entre elles (*P. reticulatum* et *G. senegalensis*) ont la faculté de pousser et de croître en saison sèche dans les champs après les récoltes (Bationo et al., 2012). Cela permet de protéger le sol contre le soleil et l'érosion éolienne, de fournir du fourrage et du bois en saison sèche. Surtout pour l'espèce *G. senegalensis*, une espèce pionnière résistante aux coupes et du coup elle colonise facilement des espaces. La dominance des espèces d'intérêts en fonction des zones est relative à leur adaptabilité aux conditions pédoclimatiques du milieu et des types de pression exercées sur l'espèce.

### **Paramètres dendrométriques**

Les plus grandes valeurs de densité d'arbre et de surface terrière du peuplement observées dans la zone nord-soudanienne témoignent des conditions favorables du milieu. Bien que les différences ne soient pas significative pour les autres paramètres, les valeurs élevées sont obtenues dans la zone sahélo-soudanienne pour le diamètre moyen et la hauteur de Lorey. Cela témoigne que la population de cette contrée a duré dans la dynamique de la régénération naturelle assistée. La pratique a été possible grâce aux interventions des ONGs et projets appuyés par les services de l'environnement, à la détermination des comités villageois de surveillance. Mais, surtout de la volonté manifeste de la population dans la protection et la gestion des espèces ligneuses issues de la RNA. Les allures en "J renversé", avec un paramètre de forme  $c$  inférieur à 1 pour la plupart des trois espèces par zone, sont caractéristiques des peuplements à fort potentiel de régénération. Cela montre que ces zones sont dans une dynamique de la pratique de la RNA. Avec des individus importants dans la classe de diamètre compris entre 2 et 5 cm. Mais, il existe des exceptions, comme pour *C. glutinosum* et *G. senegalensis* de la zone sahélienne stricte qui présentent des valeurs de  $c$  pour les structures en diamètre comprises entre 1 et 3,6. Cette allure est indicatrice de perturbation, le plus souvent causées par l'Homme à la recherche de la satisfaction de ses besoins qui sont parfois vitaux (Dan Guimbo et al., 2012). Mais aussi du fait que ces espèces constituent un fourrage ligneux très prisé en saison sèche et en début de saison des pluies (Sarr et al., 2013; Ndong et al., 2015). La tendance générale observée pour les caractéristiques dendrométriques montre que la pratique de la RNA est jeune dans la zone sahélienne stricte par rapport aux autres zones. Tous ces signes montrent que la zone d'étude est dans une dynamique de reverdissement. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs (Savado, 2015 ; Baggnian, 2014) et CILSS, 2016). Ces auteurs ont rapporté qu'au sahel en général et dans la zone d'étude en particulier, on assiste à un reverdissement grâce à la pratique de la RNA dans des endroits jadis dégradés.

## **V. Conclusion**

La pratique de la RNA est très développée dans la zone d'étude. Cela a permis d'observer dans le cadre de la pratique d'obtenir une diversité spécifique qui varie d'une zone à une autre. Cette variation est liée aux conditions pédoclimatiques du milieu, aux leaderships des agricultures et à l'intervention des ONGs et projets œuvrant dans le développement rural et les services de l'environnement. Les espèces dominantes de la zone d'étude sont caractéristiques du milieu et présentent des intérêts certains pour la population qui, assure la gestion à travers la pratique de la RNA. La structure en classes de diamètres des espèces dominantes des trois sites confirment évidemment une dynamique de reverdissement dans ces zones. Avec une forte présence

d'individus jeune de faible diamètre. Les individus âgés sont faiblement représentés dans la zone. La faible présence de ces individus est surtout liée aux effets néfastes du changement climatique et à la pression anthropique liée elle-même à la croissance démographique. Cette dernière exerce une forte pression sur la ressource pour satisfaire certains de ces besoins. La pratique de la RNA a permis de protéger et de préserver la diversité des espèces ligneuses d'intérêts qui s'adaptent mieux aux conditions du milieu. Elle contribue énormément au reverdissement du couvert végétal ligneux sahélien.

### Remerciement

Au projet de recherche-développement pour la sécurité Alimentaire et l'Adaptation au changement climatique (RED/SAACC) pour son appui financier dans la réalisation de ce travail.

### Référence

- [1]. Abdourhamane H., Morou B., Rabiou H. et Mahamane A. 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 (région de Maradi, Niger) Int. J. Biol. Chem. Sci. 2013 ; 7(3):1048-1068.
- [2]. Akpo LE. et Grouzis M. Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique Occidentale). Webbia. 1996 ; 50 (2) : 247-263.
- [3]. Ambouta K J M., Amadou A. et Souley I. Gestion de la fertilité et évolution des sols de Gakudi (Maradi, Niger): Note de recherche; Cahiers agricultures 1998; 7:395-400. Anonyme., 2014.
- [4]. Plan de développement Communal (PDC) de la commune Urbaine d'Aguié (2014-2018), Région de Maradi, Niger 58p.
- [5]. Bagnian I. Résilience des agroécosystèmes au Sahel : analyse du reverdissement dans le Centre Sud du Niger; Thèse de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, Laboratoire des Productions Végétales. 2014 ; 152p.
- [6]. Bationo B. A., Kalinganire A. et Bayala J. Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest: Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual no.17 Nairabi: Word Agroforestry Centre. 2012.
- [7]. Bayala J., Sanou J., Teklehaimanot Z., Kalinganire A. et Ouédraogo S. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability 2014, 6:28–34
- [8]. Bonou W., Glèlè Kakai, R., Assogbadjo A. E., Fonton H. N., et Sinsin B. Characterisation of *Azelaia africana* Sm. Habitat in the Lama forest reserve of Benin. Forest Ecology and Management. 2009; 258, 1084–1092.
- [9]. CILSS. Les Paysages de l'Afrique de l'Ouest : Une Fenêtre sur un Monde en Pleine Évolution. U.S. Geological Survey EROS, 47914 252nd St, Garretson, SD 57030, UNITED STATES. 2016.
- [10]. Dan Lamso N., Guéro Y., Tankari D-B A., Tidjani A D., Ado M N. et Ambouta J M K. Effet des touffes de *Guiera senegalensis* (J.F. Gmel) sur la fertilité des sols dans la région de Maradi (Niger); Journal of Applied Biosciences. 2015; 94:8844 – 8857.
- [11]. Dan Guimbo I., Iarwanou M., Mahamane A. et Ambouta K J M. Production fruitière de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, espèce ligneuse alimentaire du Niger. Journal of Applied Biosciences. 2012 ; 60: 4388– 4393
- [12]. Garba A., Djima I T., Abdou A et Mahamane A. Caractérisation de la végétation ligneuse du bassin versant de la Maggia dans la commune rurale de Bagaroua (région de Tahoua). Int. J. Biol. Chem. Sci. 2017; 11(2): 571-584.
- [13]. Haoua I O. Evaluation des ressources forestières et leur mode de gestion dans le terroir de Dan Saga (Aguié, Niger), mémoire master en gestion des ressources naturelles et de la biodiversité, RESBIO. 2014 ; 71p.
- [14]. Institut National de Statistiques. Annuaire Statistique 2009-2013, Ministère du Plan, de l'Aménagement du Territoire et du développement communautaire, Edition 2014, République du Niger. 2014 ; 245p
- [15]. Karoune S. Étude Ecophysiological et Phytochimique de deux espèces d'Acacia: *Acacia albida* et *Acacia raddiana*; thèse de Doctorat, spécialité écologie et environnement, Université Des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie et Ecologie végétale; République Algérienne Démocratique et Populaire. 2016 ; 2013p.
- [16]. Larwanou M. Dynamique de la végétation dans le domaine sahélien de l'ouest Nigérien suivant un gradient d'aridité: rôles des facteurs écologiques, sociaux et économiques ; Thèse de Doctorat, Université de Niamey. 2005 ; 186p.
- [17]. Larwanou M., Oumarou I., Laura S., Danguimbo I. et Eyog-Matig O. Pratiques sylvicoles et culturales dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger; Tropicicultura. 2010 ; 28(2), 115-122.
- [18]. Larwanou M., Dan Guimbo I., Oscar EM, Issaka A. I. Farmer managed tree natural regeneration and diversity in a sahelian environment: case study of Maradi region, Niger. Continental J. Agricultural Science. 2012; 6(3): 38-49.
- [19]. Maazou R., Rabiou H., Issiaka Y., Abdou L., Saidou S I. et Mahamane A. Influence de l'occupation des terres sur la dynamique des communautés végétales en zone Sahélienne : cas de la commune rurale de Dantchandou (Niger); Int. J. Biol. Chem. Sci. 2017 ; 11(1): 79-92.
- [20]. Moussa M. et Larwanou M. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-Sud Nigérien; Journal of Applied Biosciences. 2015 ; 94:8890 – 8906.
- [21]. Ndong A T., Ndiaye O., Faye M N, Galop D et Guissé A. Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage. Les Cahiers d'Outre-Mer, 2015 ; 271 : 285-462.
- [22]. Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. et Guinko S. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso; article scientifique. Secheresse. 2006 ; 17 (4) : 485-91
- [23]. Reij C., Tappan G. et Smale M. Agroenvironmental transformation in the Sahel: Another kind of "Green Revolution" In: IFPRI Discussion Paper. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. 2009 ; 7 : 53 -58.
- [24]. Rondeux J. La mesure des peuplements forestiers, Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 2<sup>e</sup> édition. 1999 ; 544 p.
- [25]. Sarr O., Diatta S, Gueye M., Ndiaye P.M., Guisse A., et Akpo L.E. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest); Revue Méd. Vét. 2013, 164, 1, 2-8
- [26]. Savadogo O M., Ouattara K., Barron J, Ouédraogo I., Gordon L., Enfors E. et Zombre N P. Etats des écosystèmes sahéliens : reverdissement, perte de la diversité et qualité des sols, Afrique Science. 2015 ; 11(5) (2015) 433 446.

Zounon Christian Serge Félix. “ Diversité Et Structure Des Peuplements Ligneux Issus De La Régénération Naturelle Assistée (RNA) Suivant Un Gradient Agro-Ecologique Au Centre Sud Du Niger.” IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS) 12.1 (2019): PP- 52-62.