

# Étude floristique des formations naturelles à *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* en zone sahélienne du Niger

I. BIO<sup>1</sup>, H. RABIOU<sup>1</sup>, I. SOUMANA<sup>2</sup>, B. MOUSSA MAMOUDOU<sup>1</sup>, A. MAHAMANE<sup>1</sup>

(Reçu le 12/10/2020; Accepté le 05/01/2021)

## Résumé

La présente étude a été conduite dans les départements de Maine-Sorao et Goudoumaria situés dans la région de Diffa, à l'extrême sud-est du Niger. L'objectif de l'étude est d'analyser les indicateurs écologique et floristique des formations naturelles à *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana*. Les données phyto-sociologiques ont été collectées à l'aide de la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet et celle de point quadrat de Daget et Poissonet. Au total, 80 placettes ont été délimitées. Les données collectées sont relatives au recouvrement des espèces végétales et les variables environnementales. Les spectres des types biologiques et phyto-géographiques ont été calculés. La classification hiérarchique ascendante (CHA), l'Analyse Canonique Detendancée (DCA) et l'Analyse Canonique des Correspondances (CCA) ont été utilisées pour déterminer les groupements végétaux et leurs caractéristiques écologique et floristique. Les résultats ont révélé une richesse spécifique totale de 61 espèces végétales réparties en 25 familles et 51 genres. Les familles les plus représentées sont les Poaceae (19,7%) et les Leguminosae-Mimosoideae (11,5 %). Les Thérophytes constituent le type biologique le plus représenté (59,0 %). Les espèces Paléotropicales est le type phytogéographique dominant (37,7%). La classification hiérarchique ascendante (CHA) et l'Analyse Canonique des Correspondances (CCA) ont permis de discriminer trois (3) groupements végétaux à *V. tortilis*. Il s'agit du groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona* (G1) observé dans les bas-fonds; du groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius* (G2) sur les versants dunaires et du groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata* (G3) sur les replats dunaires. L'analyse des structures en classe de diamètres montre une dominance des individus de faible diamètre au niveau de tous les groupements avec des paramètres de forme c de la distribution théorique de Weibull supérieur à 1. Cela suggère que les peuplements de *V. tortilis* sont caractérisés par un manque de régénération dont les causes sont entre autres le ramassage des fruits par les bergers et le surpâturage. Ces résultats révèlent l'état de dégradation et de perturbation de végétation steppique des zones d'étude. Cette étude constitue un état de référence pouvant servir de base pour une gestion durable des écosystèmes de ces zones dont les principales utilisations sont essentiellement pastorales.

**Mots clés:** *Vachellia tortilis*, Types biologiques, Types phyto-géographiques, Diversité floristique, Niger

## Floristic study of natural formations in *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* in the Sahelian zone of Niger

### Abstract

This study was conducted in the departments of Maine-Sorao and Goudoumaria located in the region of Diffa, in the extreme south-east of Niger. The objective of the study is to analyse the ecological and floristic indicators of natural formations of *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan. Phytosociological data were collected using the sigmatist method of Braun-Blanquet and the quadrat point method of Daget and Poissonet. A total of 80 plots were delimited. The data collected are related to the coverage of plant species and environmental variables. The spectra of biological and phytogeographic types were calculated. Hierarchical Ascending Classification (AHC), Canonical Defined Analysis (CDA) and Canonical Correspondence Analysis (CCA) were used to determine plant groupings and their ecological and floristic characteristics. The results revealed a total species richness of 61 plant species divided into 25 families and 51 genera. The most represented families are Poaceae (19.7%) and Leguminosae-Mimosoideae (11.5%). The Therophytes are the most represented biological type (59.0%). Paleotropical species is the dominant phytogeographic type (37.7%). The hierarchical ascending classification (CHA) and the Canonical Correspondence Analysis (CCA) made it possible to discriminate three (3) plant groups with *V. tortilis*. These are the group with *V. tortilis* and *Echinochloa colona* (G1) observed in the lowlands; the group with *V. tortilis* and *Alysicarpus ovalifolius* (G2) on the dune slopes and the group with *V. tortilis* and *Chloris barbata* (G3) on the dune flats. Analysis of diameter class structures shows a dominance of small-diameter individuals in all groups with shape c parameters of the theoretical Weibull distribution greater than 1, suggesting that *V. tortilis* stands are characterized by a lack of regeneration, the causes of which include fruit picking by shepherds and overgrazing. These results reveal the state of degradation and disturbance of steppe vegetation in the study areas. This study constitutes a reference state that can serve as a basis for sustainable management of the ecosystems of these areas, whose main uses are essentially pastoral.

**Keywords:** *Vachellia tortilis*, Biological types, Phytogeographic types, Floristic diversity, Niger

## INTRODUCTION

Au Sahel, les écosystèmes naturels et les agrosystèmes fournissent l'essentiel du fourrage consommé par les animaux. Savanes, steppes, jachères et champs offrent la base de l'alimentation du bétail pour toutes les formes d'élevages sédentaires et mobiles (Mainguy, 1958; César, 2005, Soumana, 2011). Les pâturages naturels sahéliens sont caractérisés par un peuplement de plantes ligneuses caractéristiques, éparées, de hauteur et de phénologies variées (Hiernaux et Le Houérou, 2006). L'organisation de la végétation dans la zone sahélienne est souvent assimilée à une dégradation du milieu du fait qu'elle se concentre dans des lieux les mieux alimentés en eaux de ruissellement

(Ichaou et d'Herbès, 1997). Sous la dépendance d'un même climat, le relief et le sol ainsi que l'action de l'homme constituent les déterminants de la distribution des groupements végétaux à travers le paysage (Tchamie et Bouraima, 1997). En effet, l'interaction entre les facteurs biotiques surtout anthropiques et abiotiques rendent complexe l'identification et la quantification des principaux déterminants de cette végétation et de sa biodiversité (Higgins et al., 1999). Selon Rabiou (2016), l'exploitation abusive de certaines espèces telles que celles ayant des valeurs socio-économiques est l'un des facteurs déstabilisateurs de l'association végétale surtout en zone Sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'ouest. En effet, les changements de

<sup>1</sup> Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa-Niger, Niger

<sup>2</sup> Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey, Niger

modes d'utilisation des terres et leurs conséquences sur les systèmes écologiques ont été reconnus comme une composante majeure des changements globaux, d'une importance comparable aux variations climatiques et atmosphériques. Devant cette complexité, une des démarches adoptées est l'étude de la dynamique d'espèces cibles, choisies pour leur intérêt commercial et/ou écologique (Mahamane *et al.*, 2007, Rabiou, 2016). Parmi les espèces caractéristiques des zones saharo-sahéliennes, *V. tortilis* est l'espèce la plus représentée du fait de son écologie particulière bien adaptée à la zone aride. L'espèce se répand en zone saharienne, sahélienne à soudano-sahélienne. Elle préfère les sols sableux, mais se trouve aussi dans la pierraille, les éboulis latéritiques et les bords de mares temporaires (Arbonnier, 2004). Son aire de répartition s'étend du Sénégal au Cameroun jusqu'en Somalie. On la trouve dans toute l'Afrique tropicale, Afrique du Nord, Moyen-Orient et Arabie. L'espèce est assez commune et grégaire, parfois en peuplement pur (Arbonnier, 2004). *Vachellia tortilis* est utilisée dans l'alimentation humaine, la pharmacopée traditionnelle, l'alimentation des animaux en élevage, le bois d'énergie et le bois d'œuvre (Grouzis et Le Floch, 2003). Elle joue un rôle important dans l'amélioration des facteurs microclimatiques de son écosystème (Abdallah *et al.*, 2008) ce qui assure un développement de la diversité et de la production de la strate herbacée (Abdallah *et al.*, 2008). L'impact positif de l'espèce est dû principalement à l'amélioration des disponibilités en eau et en nutriments du sol (Bowie *et al.*, 2004; Abdallah *et al.*, 2008; Abdallah *et al.*, 2012; Fterich *et al.*, 2012). Au Niger, les pâturages naturels constituent la base et le plus souvent, la totalité des ressources alimentaires des ruminants (Karim, 2013). L'étude de la flore et la végétation des parcours en relation

avec les variables environnementales permet non seulement de diagnostiquer les conditions du milieu mais aussi d'analyser les réponses de la végétation aux variations de l'environnement. Elle peut permettre de prédire la réponse des communautés aux modifications de leur environnement à travers le développement d'instruments scientifiques de gestion durable (Abdourahmane, 2016; Alhassane, 2019).

Cette étude vise à évaluer le potentiel floristique de la végétation à *Vachellia tortilis* dans les départements de Mainé Soroa et Goudoumaria.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Zone d'étude

L'étude est conduite dans deux départements de la région de Diffa (Figure 1). Il s'agit du site de Chéri, situé entre 13°25'29,8» de latitude Nord et 11°23'18,4» de longitude Est, et du site de Djajeri, situé entre 13°35'32,2» de latitude Nord et 11°30'22» de longitude Est. La particularité des sites réside dans le fait de la présence des formations naturelles à *Vachellia tortilis*. Le département Mainé Soroa est situé entre 13°05' et 14°30' de latitude Nord et 10°35' et 12°30' de longitude Est. Le relief est caractérisé par des plaines et des dunes de sable, des cuvettes oasiennes et des bas-fonds (Harouna, 2006 et Kaou *et al.*, 2017). Les principaux types de sols rencontrés regroupent les sols des plaines et plateaux dunaires (Kaou *et al.*, 2017). Le climat de la zone est de type saharo-sahélien marqué par une longue saison sèche (9 à 10 mois), suivie d'une saison des pluies aux précipitations courtes et violentes essentiellement durant les mois de juillet et août (Bodart *et al.*, 2010 et Kaou *et al.*, 2017). Le cumul pluviométrique annuel est

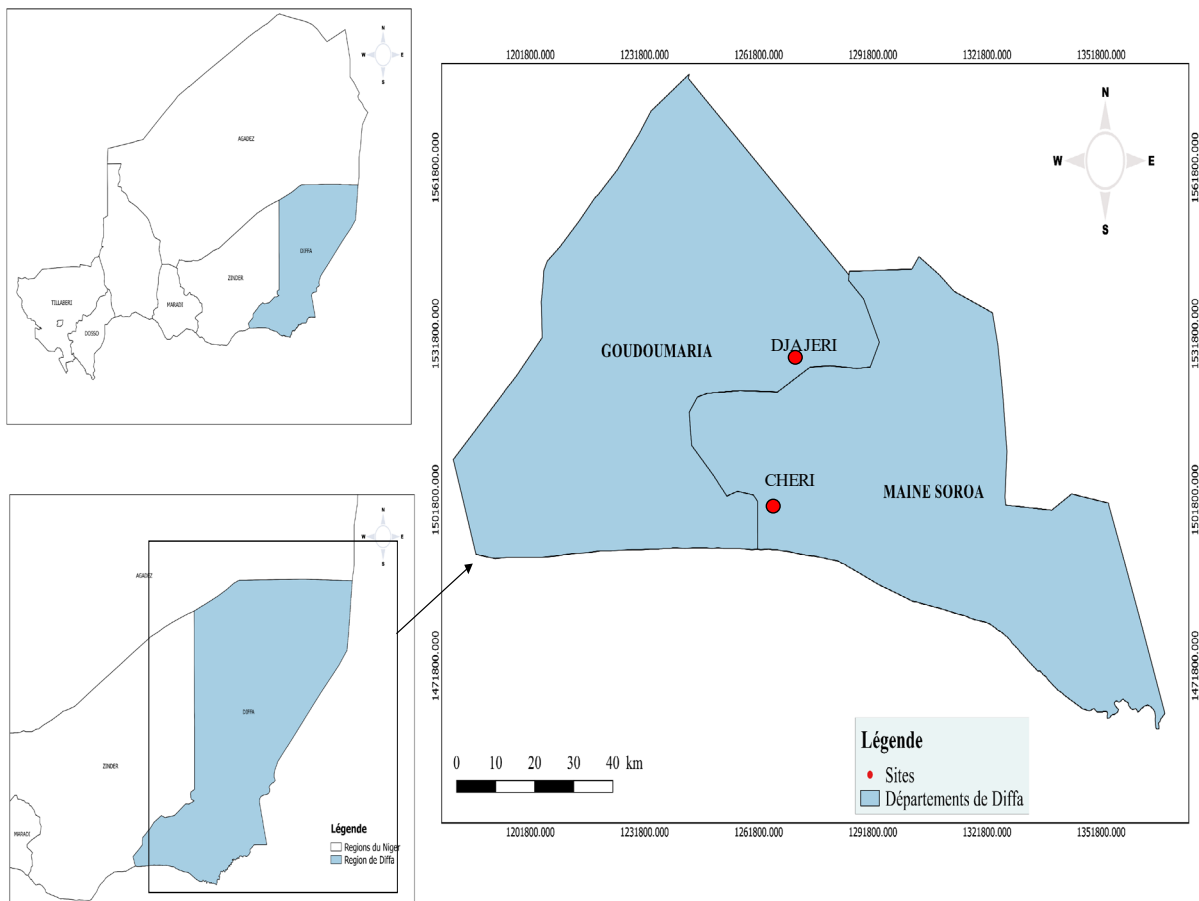


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

de  $384,3 \pm 72,6$  mm sur les 15 dernières années avec des températures présentant deux minima de 12 et 23°C et deux maxima de 38 et 41°C (Toudjani *et al.*, 2004 ; Kaou *et al.*, 2017). La végétation est constituée essentiellement de steppes (arborée, arbustive et herbacée) caractérisée par une forte présence de *V. tortilis*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Calotropis procera*. Selon la latitude, sont observées des formations forestières atypique formées des peuplements phréatophyles de la famille des Arecaceae. Les parcs agroforestiers, les bas-fonds et les formations ripicoles de la komadougou sont composées essentiellement d'*Acacia senegal*, *V. tortilis*, *Faidherbia albida*, *Salvadora persica*, *Tamarindus indica*, *Commiphora africana*. Les principales activités économiques demeurent l'agriculture et l'élevage. L'impact des aléas climatiques sur les systèmes de production rudimentaires, engendre une insécurité alimentaire chronique. Cette situation constitue l'un des principaux facteurs de vulnérabilité extrême des populations rurales.

Le département Goudoumaria est situé entre 13°42' de latitude Nord et 11°11'2 de longitude Est. Le climat est du type sahélo-soudanien avec une courte saison de pluie allant de juin à septembre et une longue saison sèche d'octobre à mai. La température maximale varie entre 42°C et 45 °C en avril - mai avec un minimum de 19°C en décembre-janvier pouvant descendre à 10°C voire 5°C durant la nuit dans ces mois. Les précipitations varient de 0 mm à 119,2 mm entre le mois le plus sec (Janvier) et le mois le plus humide (Août) où les précipitations sont les plus importantes de l'année.

Le relief est constitué des plateaux semi-arides parsemés de collines. La zone se caractérise par un vaste plateau sableux composé des dunes vives. Ce plateau dont l'altitude varie entre 300 à 400 m est entrecoupé des dépressions allongées, ouvertes ou semi-ouvertes appelées bas-fonds. La flore ligneuse est caractérisée au niveau des bas-fonds et sur le plateau par des espèces arborées comme *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Commiphora africana*, *Ziziphus mauritania*, *Acacia nilotica*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Calotropis procera* avec des peuplements purs ou mixtes d'*Acacia senegal*. Cette végétation est confrontée à une surexploitation pour usages domestiques et élevage. À ceci s'ajoutent les effets de l'érosion hydrique et l'aridité du climat par endroit. La principale activité économique des populations, l'élevage est confronté à une insuffisance des aires de pâturage et des couloirs de passage en raison de la forte occupation des terres par l'agriculture.

### Échantillonnage et collecte des données

L'échantillonnage a été axé sur quatre (4) transects radiaires au niveau de chaque site. La taille des unités d'échantillonnage varie suivant le type d'occupation de sol. Sur chaque transect, des placettes de 2500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m) pour les systèmes agroforestiers et 1000 m<sup>2</sup> (20 m x 50 m) pour les formations naturelles ont été délimitées avec une équidistance de 300 m (Figure 2). Dans chaque placette tous les pieds de *V. tortilis* de diamètre supérieur ou égal à 5 cm ont fait l'objet de mesure. Au total, 80 placettes ont été prospectées.

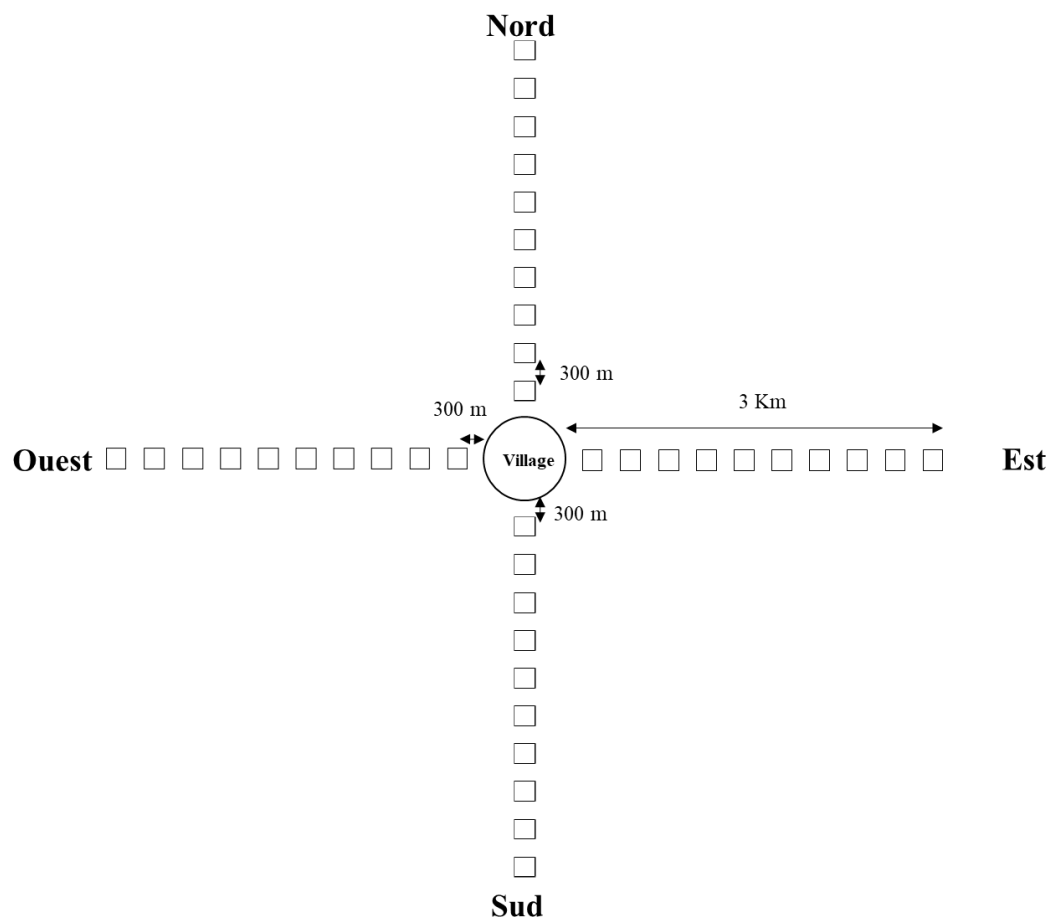


Figure 2: Échantillonnage

## Relevés phyto-sociologiques

Pour la collecte des données, deux méthodes ont été appliquées. Il s'agit de la méthode de point quadrat de Daget et Poissonnet et celle d'abondance-dominance de Braun Blanquet (Mahamane, 2005; Morou, 2010; Soumana, 2011; Karim, 2013 et Abdourahmane, 2016).

La méthode des points quadrants consiste à recenser les espèces à l'aide d'une cordelette graduée de 50 points d'observation. Les points d'observation disposés régulièrement (tous les 20 cm) le long d'une ficelle de 10 m tendue au-dessus du tapis herbacé. Dans chaque placette, la cordelette est tendue 5 fois soient 250 points d'observation par placette. La lecture de chaque point se fait à l'aide d'une tige métallique. La somme des points d'observation correspond au nombre d'observations de chaque espèce sur une même ligne d'observation. Cette méthode permet d'avoir la fréquence des espèces mais ne donne pas la liste exhaustive de toutes les espèces se trouvant dans l'unité d'échantillonnage.

La méthode de Braun Blanquet permet d'avoir la liste exhaustive de toutes les espèces présentes dans la placette. Cette méthode utilise la note d'abondance-dominance des espèces. L'abondance exprime le nombre d'individus qui forment la population de l'espèce présente dans le relevé. La dominance représente le recouvrement de l'ensemble des individus d'une espèce donnée c'est-à-dire la projection verticale de leurs appareils végétatifs sur le sol. Les coefficients d'abondance-dominance attribués aux espèces sont:

+: Espèce présente à l'état d'individu isolé (couvrant moins de 1 %), soit un recouvrement moyen (RM) de 0,5 %;

1: Espèce présente à l'état d'individus peu nombreux qui occupent moins de 5 % de la surface, soit un RM de 3 %;

2: Espèce présente à l'état d'individus abondants, recouvrant 5 à 25 % de la surface, soit un RM de 15 %;

3: Espèce dont le recouvrement se situe entre 25 et 50 %, soit un RM de 37,5 %;

4: Espèce dont le recouvrement se situe entre 50 et 75 %, soit un RM de 62,5 %;

5: Espèce dont le recouvrement se situe entre 75 et 100 %, soit un RM de 87,5 %.

## Mesures dendrométriques

Dans chaque placette, les mesures des paramètres dendrométriques ont porté uniquement sur les pieds de *V. tortilis*. Il s'agit de la hauteur totale, du diamètre des tiges à 1,3 m du sol pour les individus adultes et à 20 cm du sol pour les jeunes individus et des deux diamètres perpendiculaires du houppier de chaque pied. Le nombre de rejets (jeunes tiges de diamètre est inférieur à 5 cm) a été compté au niveau de tous les individus mesurés. Des placeaux d'observation de la régénération de dimension 5m\*5m (25 m<sup>2</sup>) ont été placés dans chaque coin de la placette et un cinquième au centre. Dans ces placeaux, tous les jeunes individus de diamètre inférieur à 5 cm considérés comme de la régénération ont été comptés.

## Analyse et traitement des données

### Types biologiques

Les types biologiques ou formes biologiques désignent le comportement adaptatif de l'espèce au milieu. Elle renseigne sur la formation végétale, son origine et ses transformations. La classification utilisée est celle de Raunkiaer (1934) utilisée par plusieurs auteurs Mahamane (2005), Moro (2010), Soumana (2011), Karim (2013), Abdourahmane (2016), Rabiou (2016) et Alhassane (2019). Il s'agit,

pour la strate ligneuse, des Phanérophytes (Ph): végétaux supérieurs dont les bourgeons de rénovation sont situés à plus de 50 cm du sol. Nanophanérophytes (np): de 50 cm à 2 m de hauteur; Microphanérophytes (McPh): de 2 à 8 m de hauteur;

Pour la strate herbacée, les types utilisés sont: Chaméphytes (Ch): Espèces ligneuses ou suffrutescentes pérennes, dont les bourgeons de rénovation sont situés à 50 cm du sol au maximum; Gr: géophytes rhizomateux; Hydrophytes (Hy): Plantes aquatiques dont les bourgeons persistants sont situés au fond de l'eau; Hémicryptophytes (H): Plantes pérennes dont les bourgeons de rénovation affleurent à la surface du sol; Thérophytes (Th): Ces sont des plantes annuelles qui forment leurs spores ou graines au cours d'une seule période de vie; LTh: Lianes Thérophytes; LCH: Lianes Chaméphytes.

### Types phytogéographiques

Les types utilisés sont ceux de la chorologie mondiale de White (1983) et de Saadou (1990). Il s'agit des espèces: Africaines (A): Ce sont des espèces qu'on ne retrouve qu'en Afrique; Paléotropicales (Pal): Ce sont des espèces communes à l'Afrique, l'Asie tropicale et certaines îles de l'océan indien; Pantropicales (Pan): Ce sont des espèces qu'on trouve dans toutes les régions tropicales d'Afrique, d'Asie et d'Amérique; Cosmopolites (Cos): Ce sont des espèces largement distribuées à la surface de la terre; Afro-malgaches (AM): Elles sont communes à l'Afrique, le Madagascar, les Comores, les Mascareignes et les Seychelles; Afronéotropicales (AN): Elles sont communes à l'Afrique et à l'Amérique tropicale.

### Identification des groupements végétaux

Pour l'identification des différents groupements végétaux, une matrice constituée de 80 relevés et 32 espèces a été soumise à un positionnement multidimensionnel (MNDS) avec le logiciel PCORD 5. Les groupements végétaux obtenus ont été soumis à une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). Les valeurs indicatrices de chaque espèce de communautés végétales ont été calculées sur la base d'Indicator Species Analysis (ISA) du même logiciel. Toutes les espèces ayant une probabilité inférieure 0,05 sont classées parmi les espèces indicatrices du groupement.

Pour étudier la relation entre les groupements végétaux et les paramètres environnementaux, une Analyse Canonique des Correspondances (ACC) a été effectuée avec le logiciel Canoco 4.5. L'analyse de gradient direct a permis de tester l'effet de chaque variable environnementale sur la distribution des espèces en utilisant le test de permutation de Monte Carlo.

### Diversité floristique

Pour mesurer la diversité, le calcul de plusieurs paramètres s'impose. Il s'agit de:

- La diversité alpha ( $\alpha$ ): Elle est composée de paramètres tels que la richesse spécifique, de l'indice de Shannon ( $H'$ ) et de l'équitabilité de Pielou (E);
- La richesse spécifique (S): Elle est définie comme le nombre d'espèces que contient une communauté;
- Indice de Shannon ( $H'$ ) calculé par la formule suivante:

$$H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

$p_i = n_i/N$ : Proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce  $i$  dans la communauté;



$n_i$ : recouvrement moyen de l'espèce  $i$  et  $N$ : recouvrement total de toutes les espèces;

$H' = 0$  si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce,  $H'$  est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983 ; Karim, 2013).

• L'équitabilité de Pielou ( $E$ ) calculée par la formule suivante:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Avec  $S$ : Nombre total d'espèces

L'indice d'équitabilité de Pielou peut varier de 0 à 1 ( $0 < E < 1$ ). Il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

• La diversité bêta ( $\beta$ ): Indice de communauté de Sorensen ( $I_s$ )

Indice de communauté de Sorensen calculé sur la base de nombre d'espèces communes d'une forêt A et d'une forêt B, le nombre d'espèces de la forêt A et le nombre d'espèce de forêt B. L'indice d'apprécier le niveau de similarité entre deux communautés (Rabiou, 2016). Il se calcule selon la formule suivante:

$$I_s = \frac{2c}{(a+b)}$$

$c$ : Nombre d'espèces communes à A et B;

$a$ : Nombre d'espèces de A;

$b$ : Nombre d'espèces de B.

L'indice est compris entre 0 et 1 ( $0 < I_s < 1$ ). Plus l'indice est élevé (tend vers 1), plus les deux groupements se partagent des cortèges floristiques. Lorsque l'indice est égal à 0 les deux communautés ne présentent aucune espèce commune (Morou, 2010; Rabiou, 2016). Le seuil de similarité retenu est 50%, généralement admis (Ganglo, 1999; Djego, 2006; Aïtondji *et al.*, 2015).

### Paramètres dendrométriques

La caractérisation écologique des formations à *V. tortilis* a été effectuée au moyen des paramètres dendrométriques mesurés sur chaque espèce ligneuse. Les paramètres suivants ont été calculés:

• La densité ( $N$ ): Elle est le nombre moyen d'individus sur pied estimé à l'hectare. Elle est calculée par la formule:

$$N = \frac{n}{S}$$

Avec  $n$  le nombre d'individus et  $S$  la superficie couverte en ha.

• La surface terrière ( $G$ ): Elle est la somme de la section transversale à 1,30 cm au-dessus du sol de tous les individus de diamètre à 1,3 m supérieur à 5 cm, à l'intérieur de chaque placette. Elle est calculée par la formule suivante:

$$G = \frac{\pi}{40000S} \sum_{i=1}^i d_i^2$$

Avec  $d_i$ : Diamètre de l'individu  $i$  et  $S$ : Superficie couverte.

• La hauteur moyenne de Lorey ( $HL$ ): Elle est la hauteur moyenne des individus pondérés par leur surface terrière. Elle est calculée par la formule suivante:

$$HL = \frac{\sum_{i=1}^i g_i h_i}{\sum_{i=1}^i g_i}$$

$g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$ : surface terrière de l'individu  $i$ ,  $h_i$ : hauteur de l'individu  $i$  et  $d_i$ : diamètre de l'individu  $i$ .

Les données collectées ont été soumises à un test de comparaison non-paramétrique de Kruskal-Wallis avec le logiciel Minitab 18 afin de comparer les paramètres dendrométriques suivant les formations végétales.

### Distribution des classes de diamètre de *V. tortilis*

Les structures en diamètre de *V. tortilis* ont été établies pour les groupements végétaux identifiés. La distribution des classes de diamètre observée a été ajustée à la distribution théorique de Weibull (Husch *et al.*, 2003 in Morou, 2010). La distribution de Weibull à 3 paramètres ( $a$ ,  $b$  et  $c$ ) se caractérise par une grande souplesse d'emploi et une grande variabilité de forme avec une fonction de densité de probabilité,  $f(x)$  qui se présente sous la forme ci-dessous (Rondeux, 1999; Rabiou, 2016).

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

Où  $x$  est le diamètre ou la hauteur des arbres et  $f(x)$  sa valeur de densité de probabilité;

$a$  = Paramètre de position: Il correspond à la valeur seuil  $c$ 'est-à-dire la plus petite valeur de diamètre ou de hauteur;

$b$  = Paramètre d'échelle ou de taille: Il est lié à la valeur centrale des diamètres ou hauteurs des arbres du peuplement considéré;

$c$  = Paramètre de forme lié à la structure observée: Il est la distribution de Weibull, et peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (Tableau 1).

**Tableau 1: Forme de la distribution de Weibull**

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

## RÉSULTATS

### Analyse floristique globale

L'analyse des caractéristiques floristiques montre globalement que la zone d'étude compte 61 espèces réparties en 25 familles et 51 genres (Tableau 2). Les familles les plus représentées regroupent les Poaceae (12 espèces soit 19,67%), les Fabaceae-Mimosoideae (7 espèces soit 11,48%) et les Fabaceae-Faboideae (6 espèces soit 9,84%). Les autres familles restantes regroupent des espèces très peu représentées (inférieur à 6 espèces).

### Distribution des types biologiques

L'analyse globale des types biologiques (Tableau 3) montre une dominance des Thérophytes (Th) dans l'ensemble des relevés suivis des Microphanérophytes (McPh) avec des spectres bruts respectifs de 59% et 19,7%. Les Chaméphytes (CH), les Géophytes rhizomateux (Gr) et les Lianes Chaméphytes (LCH) sont moins représentées en termes de spectre brut et pondéré.

### Distribution des spectres phyto-géographiques des formations

L'analyse globale des types phytogéographiques (Tableau 4) fait ressortir une dominance des espèces Africaines (36,1%) du spectre brut et 69,3 % de spectre pondéré. Elles sont suivies par les espèces Paléotropicales avec 37,7% de spectre brut et 22,9% de spectre pondéré. Les espèces Afro-malgaches, Afronéotropicales et Cosmopolites sont très peu représentées avec chacune 1,6% de spectre brut et respectivement 0,1%, 0,1% et 0,4% de spectre pondéré.

**Tableau 2: Fréquence des familles des zones d'inventaires**

Familles	Global			
	Genres	%	Espèces	%
Acanthaceae	1	2,0	1	1,6
Aizoaceae	2	3,9	2	3,3
Amaranthaceae	2	3,9	3	4,9
Arecaceae	1	2,0	1	1,6
Asclepiadaceae	2	3,9	2	3,3
Asteraceae	1	2,0	1	1,6
Balanitaceae	1	2,0	1	1,6
Capparaceae	1	2,0	1	1,6
Commelinaceae	1	2,0	2	3,3
Convolvulaceae	4	7,8	5	8,2
Cucurbitaceae	1	2,0	1	1,6
Cyperaceae	2	3,9	3	4,9
Euphorbiaceae	1	2,0	1	1,6
Fabaceae-Faboidea	5	9,8	6	9,8
Lamiaceae	1	2,0	1	1,6
Fabaceae-Caesalpinioideae	2	3,9	2	3,3
Fabaceae-Mimosoideae	5	9,8	7	11,5
Molluginaceae	1	2,0	1	1,6
Pedaliaceae	1	2,0	1	1,6
Phyllanthaceae	1	2,0	1	1,6
Poaceae	10	19,6	12	19,7
Rhamnaceae	1	2,0	1	1,6
Rubiaceae	2	3,9	3	4,9
Tiliaceae	1	2,0	1	1,6
Tribulaceae	1	2,0	1	1,6
Total	51	100	61	100

**Tableau 3: Distribution globale des types biologiques**

Spectres de types biologiques	Spectre brut		Spectre pondéré	
	Nombre d'espèces	Fréquence (%)	Recouvrement	Fréquence (%)
CH	1	1,6	0,1	0,1
Gr	1	1,6	0,2	0,5
H	2	3,3	0,1	0,3
Hy	2	3,3	0,2	0,4
LCH	1	1,6	0,1	0,2
LTh	4	6,6	0,5	1,3
McPh	12	19,7	31,4	79,4
np	2	3,3	0,4	1,0
Th	36	59,0	6,6	16,8
Total	61	100	39,5	100

Légende: CH: Chaméphytes; Gr: Géophytes rhizomateux; LCH: Lianes Chaméphytes; LTh: Lianes herbacées thérophytes; McPh: Microphanérophytes; np: Nanophanérophytes; Th: Thérophytes; Ph: Phanérophytes; Hy: Hydrophytes; H: Hémicryptophytes.

**Tableau 4: Distribution globale des types phytogéographiques**

Spectres de types phytogéographique	Spectre brut		Spectre pondéré	
	Nombre d'espèces	Fréquence (%)	Recouvrement	Fréquence (%)
A	22	36,1	27,4	69,3
AM	1	1,6	0,0	0,1
AN	1	1,6	0,1	0,1
Cos	1	1,6	0,1	0,4
Pal	23	37,7	9,1	22,9
Pan	13	21,3	2,9	7,3
Total	61	100	39,5	100

Légende: A: Africaine; AA: Afro-Américaines; AM: Afro-malgaches; AN: Afronéotropicales; Cos: Cosmopolites; Pal: Paléotropeale; Pan: Pantropicales.

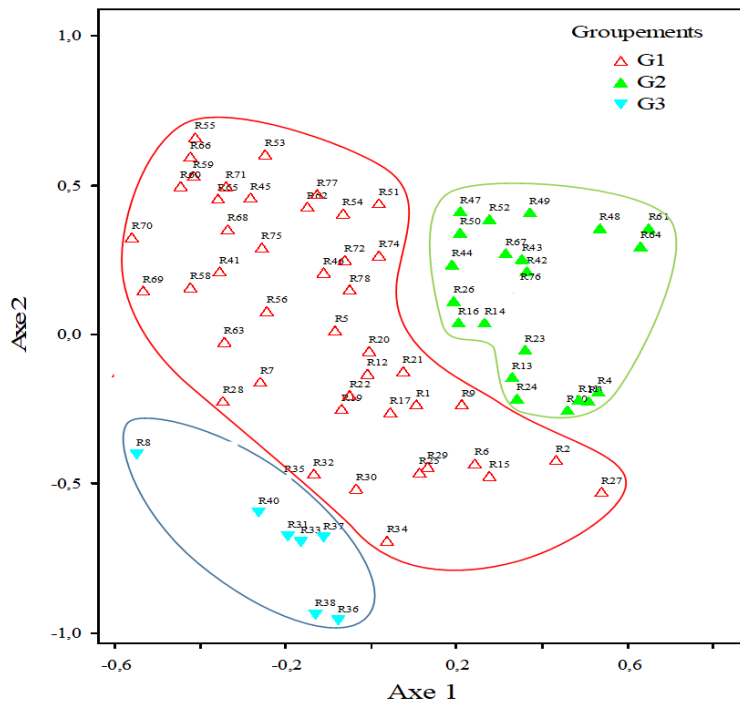
### Individualisation des groupements végétaux

L'analyse du positionnement dimensionnel (NMDS), de la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) et l'Analyse Canonique des Correspondances ont permis de discriminer trois (3) groupements végétaux (Figure 3 et 4) à *Vachellia tortilis*. Il s'agit de:

**Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*:** Ce groupement est composé de 14 relevés. Il a été observé dans les bas-fonds sur des sols à texture limoneuse (Figure 5). Il est caractérisé par des espèces inféodées à l'humidité. Les espèces indicatrices de ce groupement telles que *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del. subsp. *nilotica*, *Vachellia tortilis* subsp. *rad-*

*diana* (Savi) Brenan, *Echinochloa colona* (L.) Link., *Jacquemontia tamnifolia* (L.) Griseb., *Leucas martinicensis* (Jacq.) R. Br., *Phyllanthus pentandrus* Schum. et Thonn.

**Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*:** Ce groupement est composé de 21 relevés. Il est observé sur les versants avec des espèces dont les caractéristiques écologiques sont intermédiaires entre les espèces du bas-fond et celles du replat dunaire (Figure 5). Les espèces qui sont significativement indicatrices de ce groupement sont *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan, *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. Et Thonn.) J. Léonard., *Bidens biternata* (Lour.) Merrill. et Sherff. = *B.*



### Légende:

- G1:** Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*;
- G2:** Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*;
- G3:** Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*.

Figure 3: Répartition des relevés par positionnement multidimensionnel (NMDS)

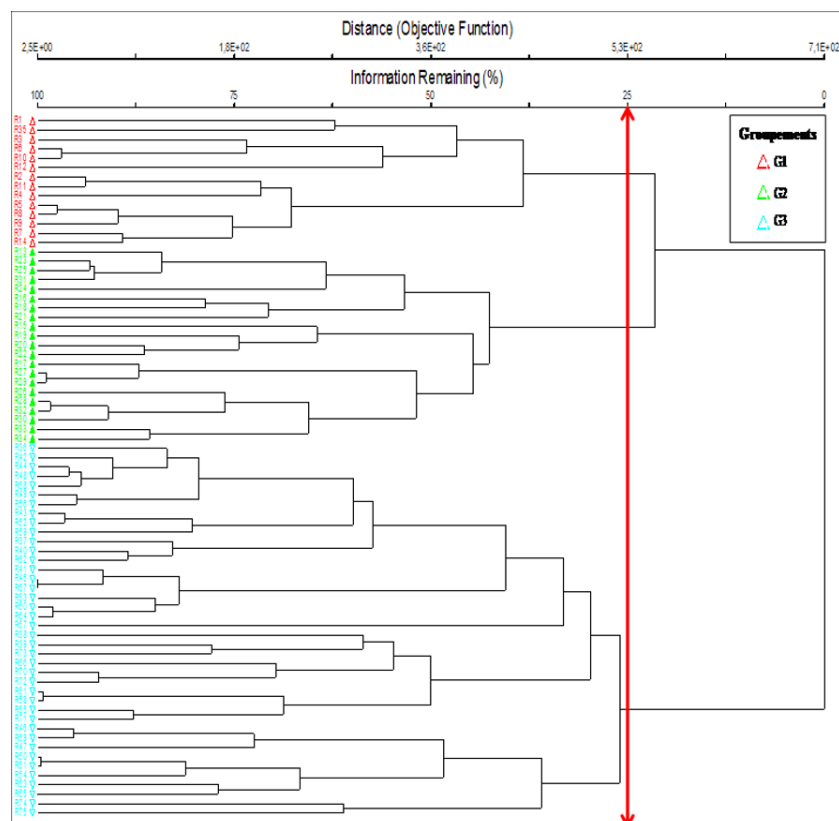


Figure 4: Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

*pilosa* L., *Spermacoce ruelliae* DC. = *Permacoce reabra*, *Cyperus rotundus* L., *Corchorus tridens* L., *Gynandropsis gynandra* (L.), *Indigofera astragalina* DC., *Oldenlandia herbacea* (L.) Roxb., *Pergularia tomentosa* L.

**Groupe à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*:** Ce groupement est composé de 45 relevés. Il est observé sur les replats dunaires avec des sols à texture sableuse (Figure 5). Les espèces indicatrices de groupement sont *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan, *Aerva javanica* (Burm.) Juss. ex Schult., *Amaranthus viridis* L., *Chloris barbata* Sw, *Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsumura et Nakai et *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne.

**Analyse de la diversité**

L'analyse des indices de diversité montre que la richesse spécifique S globale est de 60 espèces avec un indice de diversité de Shannon de 4,34 et une Équitabilité de Piéλου 0,73. Les trois groupements ainsi identifiés présentent un indice de diversité de Shannon élevé qui varie entre 4,5 et 2,88 et un indice d'Équitabilité de Piéλου entre 0,51 et 0,76 (Tableau 5). Le groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona* présente la richesse spécifique la plus élevée (60 espèces) avec une Équitabilité de Piéλου de 0,76 suivie du groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata* avec 57 espèces et une Équitabilité de Piéλου de 0,51. La plus faible richesse spécifique s'observe au niveau du groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius* avec 38 espèces et une Équitabilité de Piéλου de 0,55.

**Similarité entre les groupements**

Les coefficients de similarité de Sorensen entre les groupements pris deux à deux (Tableau 6) sont dans l'ensemble supérieurs à 50%, indiquant la similarité des trois groupements obtenus par la classification hiérarchique ascendante (Figure 4). Les fortes valeurs sont observées pour entre le groupement à *V. tortilis* et *A. ovalifolius* (G2) et le groupement à *V. tortilis* et *C. barbata* (G3) (90%) et le Groupement à *V. tortilis* et *E. colona* (G1) et le groupement à *V. tortilis* et *A. ovalifolius* (G2) (89%).

**Tableau 5: Caractéristiques floristiques des groupements végétaux**

	Nombre de relevés	S	H'	E
G1	14	60	4,50	0,76
G2	21	38	2,88	0,55
G3	45	57	3,00	0,51
Global	80	60	4,34	0,73

Légende: G1: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*; G2: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*; G3: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*.

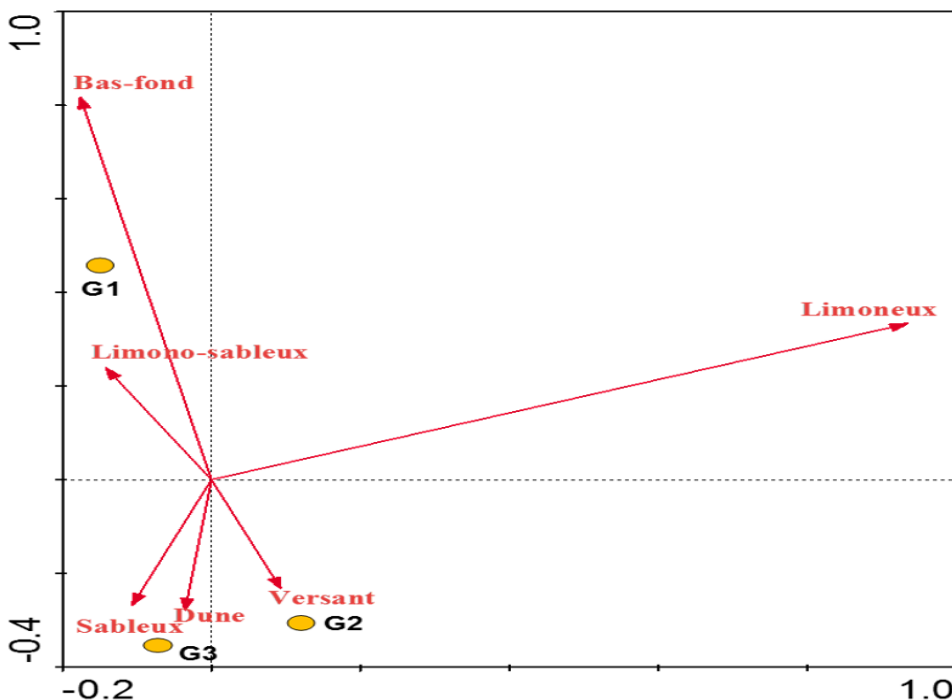
**Tableau 6: Similarité entre les groupements végétaux**

	G1	G2	G3
G1	1		
G2	0,89	1	
G3	0,85	0,9	1

Légende: G1: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*; G2: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*; G3: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*.

**Caractéristiques dendrométriques**

Il ressort de l'analyse globale du tableau 7 que les formations à *V. tortilis* ont une densité moyenne 101,4±73,3 tiges/ha avec un diamètre moyen de 17,9±10,4 cm. Ces formations sont caractérisées par une hauteur de Lorey moyenne de 5,59±2,64 m et une surface terrière de 1,87±0,77 m<sup>2</sup>/ha. Les résultats du test de comparaison montrent une différence significative entre les groupements pour les paramètres diamètre (P=0,014), surface terrière (P<0,001). La densité de régénération est moyenne avec une valeur moyenne de 188,5±134,6 tiges/ha. À l'échelle des groupements, les fortes valeurs des paramètres sont observées au niveau du groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata* (G3) caractérisé par une forte densité de la régénération (298±134,4 tiges/ha). Les résultats du test de comparaison montrent une différence significative entre les groupements pour les paramètres diamètre (P=0,014), surface terrière (P<0,001) et densité de régénération (P<0,001).



**Légende:**

- G1: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*;
- G2: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*;
- G3: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*.

**Figure 5: Répartition des variables environnementales et les différents groupements (Analyse de gradient direct) CCA**



Tableau 7: Paramètres dendrométriques des groupements des végétaux

Paramètres dendrométriques	G1	G2	G3	Global	Probabilités
Densité moyenne (tiges/ha)	106,3 ± 72,6 a	91,3 ± 33,2 b	80,0 ± 28,8 c	101,4 ± 73,3	<0,05*
Diamètre moyen (cm)	18,5 ± 9,1 b	29,5 ± 19,0 a	18,9 ± 10,0 b	17,9 ± 10,4	0,014**
Hauteur moyenne de Lorey (m)	5,64 ± 4,22 a	6,7 ± 2,46 a	5,81 ± 1,31 a	5,59 ± 2,64	0,41 <sup>ns</sup>
Surface terrière moyenne (m <sup>2</sup> /ha)	0,01 ± 0,01 c	0,05 ± 0,01 a	0,012 ± 0,01 c	0,08 ± 0,01	<0,001***
Densité moyenne de régénération (tiges/ha)	138,7 ± 118,7 c	160 ± 5 6,6 b	298 ± 134 a	188,5 ± 134,6	<0,001***

Légende: G1: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*; G2: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*; G3: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*. Codes de significativité: ns: Non significative au seuil de 5%; Degré de Signification: codes: '\*\*\*' Prob<0,001; '\*\*'0,001 < Prob< 0,01; '\*'0,01 < Prob < 0,05

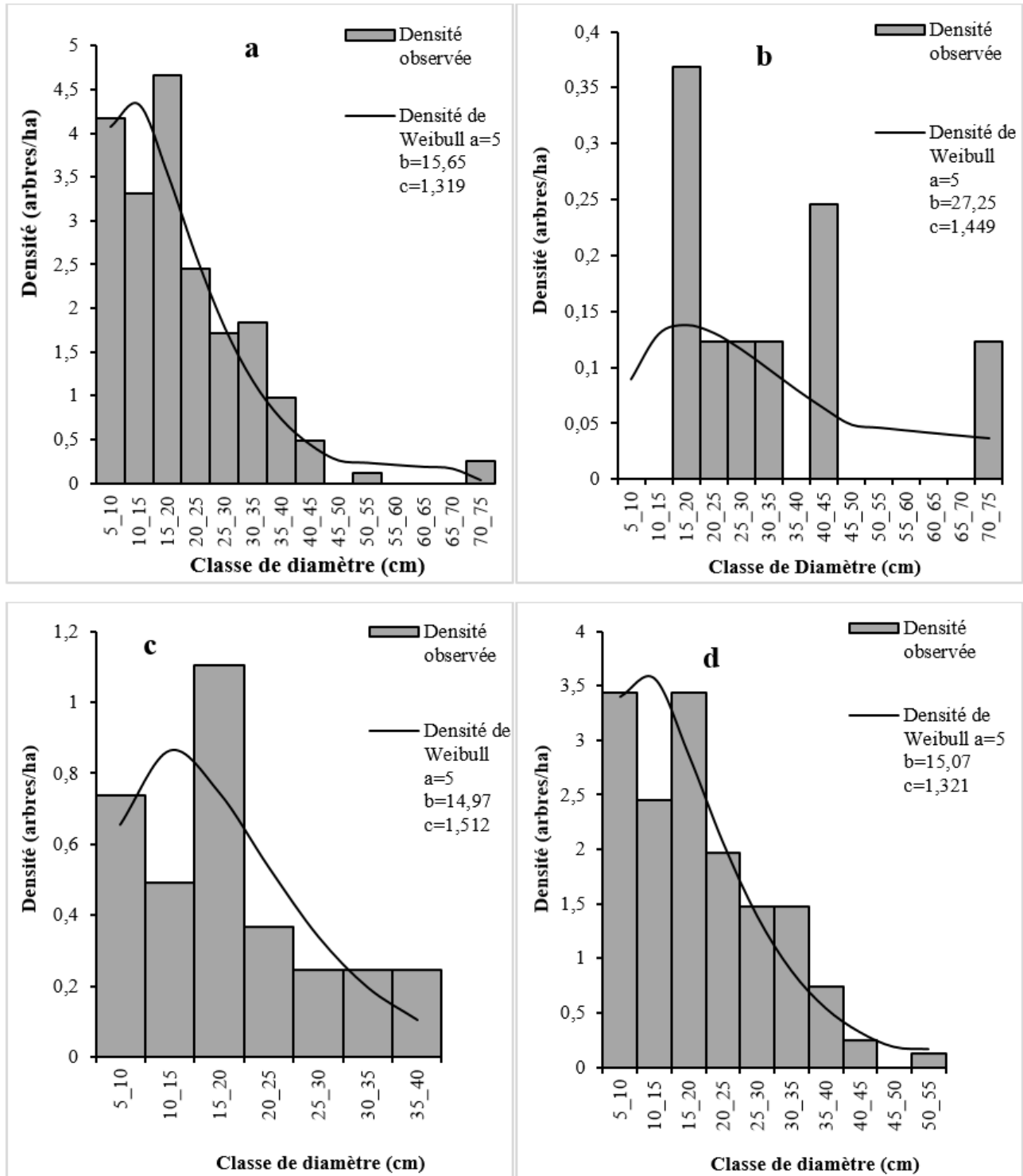


Figure 6: Structure en classe de diamètre: a: Global; b: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona*; c: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius*; d: Groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata*

### Structure en classes de diamètre des peuplements à *V. tortilis*

La structure en classe de diamètre du peuplement global de *V. tortilis* montre une dominance des individus de diamètre inférieur ou égal à 20 cm avec une valeur de paramètre  $c = 1,319$  (Figure 6 a). Au niveau de toutes les structures, les peuplements de *V. tortilis* présente des structures perturbées. Ces structures se traduisent par une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre ( $1 < C < 3,6$ ) pour tous les groupements. Au niveau du groupement à *V. tortilis* et *Echinochloa colona*, les individus de la classe de diamètre de 15\_20 cm sont les plus représentés suivis de ceux de la classe de 40\_45 cm (Figure 6b). Le groupement à *V. tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius* est caractérisé par une dominance des individus de la classe de diamètre de 15\_20 cm suivis de ceux de 5\_10 cm (Figure 6c). Le groupement à groupement *V. tortilis* et *Chloris barbata* quant à lui est caractérisé par des individus appartenant aux classes de diamètre de 5\_10 cm et 15\_20 cm.

### DISCUSSION

L'analyse des caractéristiques floristiques a permis de recenser 61 espèces dont 12 espèces ligneuses et 49 espèces herbacées réparties respectivement en 6 et 25 familles. Cette richesse floristique de la zone est inférieure à celle obtenue par d'autres travaux effectués dans le même bioclimat au Niger (Moussa, 2010; Soumana, 2011 et Alhassane *et al.*, 2017). La flore recensée dans les différents parcours est dominée par deux (2) familles. Il s'agit de la famille des Poaceae (20,7%) suivie de celle des Fabaceae-Faboideae et des Fabaceae-Mimosoideae (10,81% chacune). Les résultats obtenus pour les Poaceae corroborent à ceux trouvés par Moussa (2010) (19,2 %), Soumana (2011) (19,4 %), Alhassane *et al.* (2017) (22,4 %) dans le même type de bioclimat. Selon Moussa (2010), la forte fréquence de la famille des Poaceae traduit une bonne qualité de ces parcours car elles constituent les espèces les plus appréciées par les bétails. La dominance de la strate herbacée par des plantes annuelles, principalement des graminées (Moussa, 2010; Soumana, 2011; Morou, 2010) est caractéristique de la zone sahélienne (Hiernaux et Le Houérou 2006).

L'analyse des spectres de type biologique fait ressortir la dominance des Thérophytes (57,7 %) suivies des Microphanérophytes (19,8 %). Cette dominance des Thérophytes corrobore les résultats observés dans des bioclimats similaires par Moussa (2010) (75%); Soumana (2011) (55,6%) et Alhassane *et al.* (2017) (64,1%). En effet, cette prédominance des Thérophytes s'explique par leur adaptation aux milieux aride et semi-aride. Elles bouclent leur cycle pendant la saison des pluies et passent la saison sèche à l'état de graines dans le sol donc moins affectées par les rudes conditions du milieu (Morou, 2010). Selon Moussa (2010), la diminution des Phanérophytes caractérise la dégradation progressive de ces écosystèmes. Selon Alhassane *et al.* (2017), les Thérophytes constituent le mode de vie le plus dominant suivis de très loin par les Phanérophytes. Selon Daget (1980), la thérophytisation est une caractéristique des zones arides et exprime une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques.

La répartition phytogéographique des espèces dans la zone d'étude montre une dominance des espèces Paléotropicales (38,7 %) suivie des espèces Africaines (33,3%). Les résultats obtenus corroborent ceux de Soumana (2011) qui a observé une fréquence de 30,9 % pour les espèces Paléotropicales et 22,2% pour les Pantropicales. Des fréquences similaires ont été observées par Alhassane *et al.* (2017). Les types phytogéographiques sont des bons indicateurs du dynamisme ou de la stabilité des communautés végétales. Mais la forte proportion des espèces à large distribution est un indice de perturbation et indique que la flore perd de sa spécificité (Toko et Sinsin, 2008).

L'indice de Shannon montre que la diversité pour l'ensemble des groupements est faible ( $H' = 5,35$  bits). En effet, à l'échelle des groupements, cette diversité est moyenne pour le groupement *Vachellia tortilis* et *Echinochloa colona* (G1) ( $H' = 4,78$  bits) et le groupement à *Vachellia tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius* (G2) ( $H' = 4,97$  bits) à l'exception du groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata* (G3) ( $H' = 5,27$  bits). Cette différence observée serait due à des contraintes abiotiques et de perturbations. Plusieurs travaux ont montré que le pâturage a un impact négatif sur les indices de diversité (Tarhouni *et al.*, 2007).

La répartition des relevés dans le positionnement multidimensionnel et la classification hiérarchique ascendante (CHA) ont permis de discriminer trois (3) groupements végétaux. Cette distribution des groupements végétaux montre que *V. tortilis* est beaucoup plus associé à deux (2) familles. Il s'agit de la famille des Poaceae et des Fabaceae-Faboideae. En effet, dans le groupement à *V. tortilis* et *Echinochloa colona* (G1), sa présence est surtout observée dans les bas-fonds avec des sols à texture limono-argileuse, limoneuse et limono-sableuse sous forme de poches de végétation. Le groupement à *V. tortilis* et *Alysicarpus ovalifolius* (G2) est observée sur les sols à texture sableuse et les replats dunaires. Quant au groupement à *Vachellia tortilis* et *Chloris barbata* (G3), il est observé sur les versant dunaires caractérisés par des sols à texture sablo-limoneuse et sur les glacis. La distribution observée de *V. tortilis* sur toutes les unités d'occupation des sols et sur des sols de toutes les textures montre que l'espèce est bien adaptée à ces zones dans les conditions pédoclimatiques les plus rudes. Ces observations corroborent celles effectuées par Arbonnier (2004). L'analyse globale des formations à *V. tortilis* de la zone d'étude révèle une densité moyenne de  $101,4 \pm 73,3$  pieds/ha. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par Rabiou *et al.* (2019) sur les camps des réfugiés dans la région de Diffa, et Abdou Habou *et al.* (2020) dans les formations végétales de Gouré ( $35,6 \pm 15,8$ ). Cette différence observée serait due à la taille de l'échantillon. L'espèce est utilisée comme bois de service, bois d'énergie, dans la pharmacopée traditionnelle et comme alimentation du bétail. Le diamètre moyen des pieds ( $17,9 \pm 10,4$  cm) est inférieure à celui trouvé par Abdou Habou *et al.* (2020) ( $20,6 \pm 8,1$  cm). Ceci peut être expliqué par la forte hétérogénéité dans l'échantillon. En effet, le faible diamètre moyen observé est la conséquence de la prédominance de la population de l'espèce en individus jeunes. Une dominance des individus de gros diamètre observés pourrait être liée aux facteurs climatiques conjugués aux facteurs anthropiques qui constituent les principaux obstacles à la régénération (Rabiou, 2016). Selon Jaouadi *et al.* (2012), le manque d'individus de gros diamètre est la conséquence

d'une ancienne perturbation telle que la coupe du bois de chauffe et bois de service. Dans la zone d'étude, la faible fréquence des individus ayant un grand diamètre montre une faible pression anthropique avec l'afflux des réfugiés et des populations déplacées. Quant à la structure globale en classe de diamètre des formations, elle est caractérisée par une forte densité des individus de faibles diamètres.

## CONCLUSION

La présente étude a permis une meilleure connaissance de la composition floristique et des caractéristiques structurales des groupements de la végétation du sud du département de Mainé-Soroa et l'Est du département de Goudoumaria dans le sud-est du Niger. La végétation des zones est assez pauvre et est composée de 61 espèces végétales (13 ligneuses et 48 herbacées) réparties en 25 familles et 51 genres. En termes d'abondance et de dominance, les espèces telles que *Vachellia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi.) Brenan, *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne., *Cenchrus biflorus* Roxb., *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. Et Thonn.) J. Léonard. et *Pennisetum pedicellatum* Trin. sont les plus représentées.

Les Thérophytes sont le type biologique le plus représenté dans la zone. En termes de type phytogéographique, les espèces Paléotropicales sont les plus dominantes. La valeur de l'indice de diversité de Shannon prouve l'existence de conditions favorables pour ces espèces. Les trois (3) groupements identifiés sont respectivement localisés chacun sur des unités géomorphologiques différentes. Par rapport à la structure en classe de diamètre, la population de *V. tortilis* est dominée par des jeunes individus. Toutefois, la distribution des classes en diamètre n'est pas une structure en J renversé. Cela se traduit se par une exploitation de ces formations naturelles. Les résultats de cette étude constituent à la fois une base de données et un outil pour les décideurs et les populations à bien orienter leurs actions dans les programmes d'aménagement et de la gestion durable ces écosystèmes.

## RÉFÉRENCES

- Abdallah F, Noumi Z, Ouled-Belgacem A, Michalet R., Touzard B, Chaieb M, (2012). The influence of *Acacia tortilis* (Forssk.) subsp. *raddiana* (Savi) Brenan presence, grazing, and water availability along the growing season, on the understory herbaceous vegetation In southern Tunisia. *Journal Of Arid Environments*, 76: 105-114
- Abdallah F, Noumi Z, Touzard B, Belgacem A,O, Neffati M, Chaieb M, (2008). The influence of *Acacia tortilis* (forssk.) subsp. *raddiana* (savi) and livestock grazing on grass species composition, yield and soil nutrients in arid environments of south Tunisia. *Flora - Morphology, Distribution. Functional Ecology of Plants*, 203: 116-125.
- Abdou Habou M.K, Rabiou H, Karim S, Maazou R, Issaharou Matchi I, Mahamane A, (2020). Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Gouré (Sud-est du Niger). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 82: 186-195.
- Abdourahmane H, (2016). Étude floristique, écologique, phytosociologique et ethnobotanique des forêts classées de Dan Kada dodo et de Dan Dado au Niger. Thèse de doctorat en Biologie et écologie végétales, Université Dan Dicko Dan koulodo de Maradi, 214 p
- Abdourahmane H, Boube M, Rabiou H, et Ali M, (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: 1048-1068.
- Aïtonджи A,L, Toyi M,S,S, Kassa B, Brice Sinsin B, (2015). Caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques de la végétation des carrières en république du Bénin. *Science de la vie, de la terre et agronomie REV. CAMES*, 3: 13-24.
- Alhassane A, (2019). Typologie, valeur pastorale, productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Centre-Sud du Niger suivant le gradient climatique Sud-Nord. Thèse de doctorat en Écologie végétale et Pastoralisme, Université Dan Dicko Dan koulodo de Maradi, 189 p.
- Alhassane A, Soumana I, Karim S, Chaïbou I, Mahamane A, Saadou M, (2017). Flore et végétation des parcours naturels de la région de Maradi, *Niger. Journal of Animal & Plant Sciences*. 34: 5354-5375.
- Bodart C, Ozer A., Derauw D, (2010). Suivi de l'activité des dunes au Niger au moyen de la cohérence interférométrique ERS ½. *BSGLg*, 54: 123-136.
- Bowie M, and Ward D, (2004). Water and nutrient status of the mistletoe *plicosepalus acaciae* parasitic on isolated negev desert populations of *Acacia raddiana* differing in level of mortality. *Journal Of Arid Environments*, 56: 487-508.
- César J, (2005). L'évaluation des ressources fourragères naturelles. Production animale en Afrique de l'Ouest. CIRDES et CIRAD, fiche n°17, 12 p.
- Daget P, (1980). Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. (Cas des thérophytes). In: Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Paris: 89-114.
- Djègo J,G,M, (2006). Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au sud et au centre du Bénin. Thèse de doctorat, FLASH/FAST/UAC, 369 p.
- Fterich A, Mahdhi M, Lafuente A, Pajuelo E, Caviedes M, A, Rodriguez-Lorente I,D, and Mars M, (2012). Taxonomic and symbiotic diversity of bacteria isolated from nodules of *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* in arid soils of Tunisia. *Canadian Journal Of Microbiology*, 58: 738-751.
- Ganglo J,C, Lejoly J, & Pipar T, (1999). Le teck (*Tectona grandis* L. f.) au Bénin, gestion et perspectives. *Bois et forêts des tropiques*, 261: 17-27.
- Grouzis M et Akpo E, (1996). Dynamique interactions arbre-herbe en milieu sahélien: Influence de l'arbre sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée. L'Acacia au Sénégal, 10p.
- Hamadou D, Harouna O, (2018). Caractérisation écologique des unités de végétation à *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) brenan en bioclimat sahélien du Niger: cas de la commune de Chétimari et de Goudoumaria dans la région de Diffa. Mémoire de licence en Écologie et Environnement, Institut Supérieur en Environnement et Écologie, Université de Diffa, 55p.

- Harouna H, (2006). Dynamique locale de l'ensablement et évaluation de l'efficacité antiérosive de quelques techniques de fixation des dunes dans le département de Maïné-Soroa (Sud-Est du Niger). Mémoire d'Études Approfondies (DEA) en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. Université Abdou Moumouni de Niamey. 59p.
- Hiernaux P. et Le Houérou H,N, (2006). Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, 17: 51-71.
- Ichaou A, et d'Herbès J,M, (1997). Productivité comparée des formations structurées dans le sahel nigérien. Conséquences pour la gestion forestière. Jhon Lobby Eurotext, Paris, pp 119-130.
- Kaou K, Ousmane M, Dan Guimbo I, Karim S, Rabiou H, Roger P, (2017). Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger: Cas de Maïné Soroa. *Journal of Applied Biosciences*, 120: 12053-12066.
- Karim S, (2013). Dynamique de la biodiversité végétale suivant un gradient pluviométrique et un gradient d'utilisation des terres dans les observatoires de Falmey-Gaya et Tahoua- Tillabéry Nord (Niger). Thèse de doctorat en Botanique et Écologie Végétales, Université Abdou Moumouni de Niamey, 175 p.
- LE Floc'h E, et Grouzis M, (2003). *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples. Un arbre au désert: *Acacia raddiana*. Éd.IRD Paris (France). 21-58
- Mahamane A, Saadou M, et Lejoly J, (2007). Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc National du « W » (Niger). *Sécheresse*, 18: 354- 358
- Mainguy P, (1958). Nécessité pratique de l'étude qualitative et quantitative de la végétation des herbages. *Rev. Elev. Vét. Pays trop.*, 11: 305-337.
- Morou B, (2010). Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat en Biologie Appliquée, Université Abdou Moumouni de Niamey, 231 p.
- Moussa B, (2010). Variabilité spatiale de la productivité des parcours pastoraux dans le Département de Gouré. Mémoire de DEA, Université Abdou Moumouni de Niamey, 81 p.
- Rabiou H, (2016). Caractérisation des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. et élaboration de normes de gestion durable au Niger et au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat en Biologie et écologie végétales, Université Dan Dicko Dan koulodo de Maradi, 212 p.
- Rabiou H, Mahamane M, Issaharou I, (2019). Impact de L'installation des Camps des Réfugiés, Retournés et Déplacés sur L'exploitation des Ressources Ligneuses dans la Région de Diffa. *European Scientific Journal*, 15: 118– 140.
- Saadou M, (1990). La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de Docteur ès Sciences Naturelles, Université de Niamey, 395 p.
- Soumana I, (2011). Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégies d'exploitation développées par les éleveurs Uda'en. Thèse de doctorat en Écologie végétale et Pastoralisme, Université Abdou Moumouni de Niamey, 234 p.
- Tarhouni M, Belgacem A,O, Neffati M et Chaieb M, (2007). Dynamique des groupements végétaux dans une aire protégée de Tunisie méridionale. *Cahiers Agricoles*, 16: 23-29.
- Toko I. et Sinsin B, (2008). Les phénomènes d'érosion et d'effondrement naturels des sols (dongas) du Parc national du W et leur impact sur la productivité des pâturages. *Sécheresse*, 19: 193-200.
- Toudjani Z, Guéro M et Amadou B., (2004). Étude sur la Dynamique de l'Ensablement dans le Département de Maïné-Soroa, Projet d'Appui à la Gestion des Ressources Naturelles-PAGRN, Rapport. 40p.
- White F, (1986). La végétation de d'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO; Orstom; 384p.