

Influence du gradient agroécologique sur la diversité et distribution des ressources ligneuses en zones sahélienne et soudanienne du Niger

**Tougiani ABASSE¹, Habou RABIOU^{2*}, Massaoudou MOUSSA¹, Idrissa SOUMANA¹,
Amadou KOUYATE³ et Ali MAHAMANE²**

¹ *Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP 429, Niamey, Niger*

² *Université de Diffa, Département de Production Végétales, BP 78, Diffa, Niger*

³ *Institut d'Économie Rurale, Centre Régional de Recherche Agronomique, BP 16 Sikasso, Mali*

* Correspondance, courriel : rabiouhabougarba@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer les indicateurs phytoécologiques et d'analyser la diversité floristique des espèces ligneuses suivant un gradient climatique. Ce travail a été conduit dans la région de Maradi. Dans l'ensemble 60 relevés ont été effectués dans des placettes de 2500 m² dans deux secteurs agroécologiques. Dans chaque placette, tous les individus ligneux ont fait l'objet d'observation. Les données collectées sont relatives au nom d'espèces observées, les paramètres écologiques et environnementaux. Les résultats montrent que sur le site de Birnin Lallé, situé en secteur sahélien strict, la végétation est dominée par 6 espèces xérophytes dont 5 espèces épineuses et 3 du genre *Acacia*. Dans le même secteur, la pratique de la régénération naturelle assistée à Dan Saga a permis de conserver une diversité semblable à celle observée dans le secteur sahélo-soudanien. Dans ce dernier secteur, 16 et 15 espèces ont été recensées respectivement sur les sites de Kegil et de Mai Guéro. La distribution de ces espèces se distingue en fonction des zones agroécologiques, des textures des sols et de l'unité géomorphologique. Il ressort des résultats que la pratique de la régénération naturelle assistée à Dan Saga est une pratique qui permet non seulement de maintenir un couvert ligneux important mais aussi et surtout la conservation de la diversité floristique. Dans toutes les zones investiguées, la végétation est dominée par les Microphanérophytes à plus de 80 %. Ce travail fournit des informations scientifiques pour un futur programme d'amélioration des espèces agroforestières.

Mots-clés : *diversité des espèces ligneuses, zone sahélienne strict, sahélo-soudanien, Maradi, Niger.*

Abstract

Influence of the agroecological gradient on the diversity and distribution of wood resources in the Sahelian and Sudanian zones of Niger

The objective of this study is to determine phytoecological indicators and to analyze the floristic diversity of woody species according to a climatic gradient. This work was conducted in the Maradi region. Overall 60 surveys were carried out in plots of 2500 m² in two agroecological sectors. In each plot, all woody individuals were observed. The collected data are related to the name of observed species, ecological and environmental parameters. The results show that at the Birnin Lallé site, located in the strict Sahelian zone, the vegetation is dominated by 6 xerophyte species, 5 of which are thorny species and 3 of which are of the *Acacia* genus. In

the same sector, the practice of natural regeneration assisted by Dan Saga has made it possible to maintain a diversity similar to that observed in the Sahelo-Sudanian sector. In the latter sector, 16 and 15 species were recorded respectively on the Kegil and Mai Guero sites. The distribution of these species is differentiated according to agroecological zones, soil textures and geomorphological unit. The results show that the practice of natural regeneration assisted by Dan Saga is a practice that not only allows to maintain an important ligneous cover but also and especially the conservation of the floristic diversity. In all the areas investigated, the vegetation is dominated by Microphanerophytes at more than 80 %. This work provides scientific information for a future agroforestry species improvement program.

Keywords : *woody species diversity, Sahelian zone strict, Sahelo-Sudanese, Maradi, Niger.*

1. Introduction

En zone aride, particulièrement du Niger, l'arbre joue un rôle extrêmement important dans la vie des populations rurales [7]. Les ressources ligneuses jouent un rôle écologique important notamment l'atténuation des phénomènes climatiques extrêmes. Elles constituent également une source importante d'aliment surtout en période de soudure, correspondant à la fin des saisons sèches et début de la saison des pluies au Niger. Les organes consommés sont : les fruits crus ou transformés, les fleurs et les feuilles. Les arbres constituent une source des produits médicinaux et sont également utilisés comme bois de service dans la confection des toitures des maisons et des piliers pour les hangars [8]. Cependant, la zone sahélienne constitue la limite nord de la zone distribution de nombreuses espèces [1]. Ces dernières années avec le déplacement des isoèthes vers le sud, l'aire de distribution de certaines espèces diminuent dans sa partie nord [2, 3]. A ces facteurs climatiques s'ajoutent des facteurs anthropiques avec comme conséquence la disparition de certaines espèces de façon locale. Les facteurs anthropiques sont donc une des sources possibles d'extinction. Par contre, le maintien de la diversité dépend d'un équilibre entre la fréquence des perturbations, les taux de dispersion et la capacité de régénération d'une espèce donnée. La différenciation des facteurs édapho-climatiques et anthropiques constitue un des mécanismes clés de la dynamique et de la distribution de la biodiversité. Ainsi, les zones caractérisées par des conditions climatiques favorables se distinguent par une richesse spécifique importante.

Toutes fois, des efforts de conservation peuvent jouer un rôle important dans le maintien de la diversité des ressources ligneuses utiles pour les populations [4]. Selon la théorie de la niche de régénération [5], l'atténuation des perturbations maintient la diversité et favorise les espèces ayant des caractéristiques biologiques (traits de vie) différentes pour l'installation d'une nouvelle génération. Ces traits de vie concernent en particulier la capacité de régénération (production de semences, dissémination et recrutement). L'utilisation de l'arbre au fil des générations a engendré une accumulation des connaissances sur la sélection des plantes à vertus thérapeutiques ou nutritionnelles [6]. Le développement des connaissances traditionnelles sur l'utilisation d'une plante est le résultat d'une coexistence relativement longue entre les populations et la ressource. Les paysans qui évoluent dans le même environnement d'une espèce ont développé des savoirs sur cette dernière [7 - 9]. La reconnaissance de rôle important des plantes a amené les paysans et les décideurs à une prise de conscience, laquelle les oblige à développer des stratégies de conservation telle que la régénération naturelle assistée, pratiquée aujourd'hui dans beaucoup des zones au Niger [10]. Le véritable défi du millénaire est aujourd'hui, la recherche d'un équilibre entre l'utilisation des ressources et la conservation. Cependant, il est important de comprendre l'importance et l'ampleur des transformations ayant eu lieu sur les ressources ligneuses dans les terroirs villageois. À cet effet, l'analyse des communautés végétales suivant un gradient climatique est un préalable à toutes actions visant la

restauration des écosystèmes perturbés. L'étude phytogéographique et phytoécologiques constituent des véritables modèles pour interpréter l'état et les phénomènes de régression ou de progression de la diversité floristique ligneuse [11, 12]. Selon plusieurs auteurs [13 - 15], une étude de distribution phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité. La présente étude a pour l'objectif de déterminer les indicateurs phytoécologiques pouvant servir de base à la conservation et à la gestion durable des ressources ligneuses dans la région de Maradi.

2. Matériel et méthodes

2-1. Situation géographique

- **Secteur sahélien strict**: Dans ce secteur deux sites ont fait l'objet d'investigation. Il s'agit du site de Dan Saga ($E007^{\circ}44'37''$ et $N13^{\circ}42'12''$) dans le département d'Aguié et. Le département d'Aguié se situe entre le $7^{\circ}20'$ et le $8^{\circ}20'$ Nord et le $13^{\circ}30'$ et le $13^{\circ}45'$ Est, et couvre une superficie de 2800 Km^2 . Il est limité au Sud par la République Fédérale du Nigeria sur une longueur de 70 Km. Le village de Dan Saga est situé à 13 Km au nord de la ville d'Aguié chef-lieu du département. Le deuxième site de ce secteur est le village de Birnin Lallé ($E006^{\circ}46'06,3''N14^{\circ}25'53,3''$ et) dans le département de Dakoro au Nord à 90 km de la ville de Maradi chef-lieu de la région (**Figure 1**).
- **Secteur sahélo-soudanien**: Dans le secteur sahélo-soudanien, les sites ayant fait l'objet d'investigation sont situés dans le département de Madarounfa. Il s'agit du village de Kéguil ($E007^{\circ}10'06,9''$ et $N13^{\circ}21'33,8'$) situé à 15 km de Madarounfa. Les prospections ont été effectuées dans les champs et dans la forêt classée de Madarounfa dont le village de Kéguil fait partie des villages riverains. La forêt de Madarounfa se trouve à environ 1 km au nord du lac. Elle est classée par décret n° 4400 de 1950 avec une superficie de 830 ha. Le deuxième site de ce secteur est le village de Mai Guéro ($E007^{\circ}01'54''$ et $N13^{\circ}13'10,7''$) situé dans la commune de Gabi (**Figure 1**).

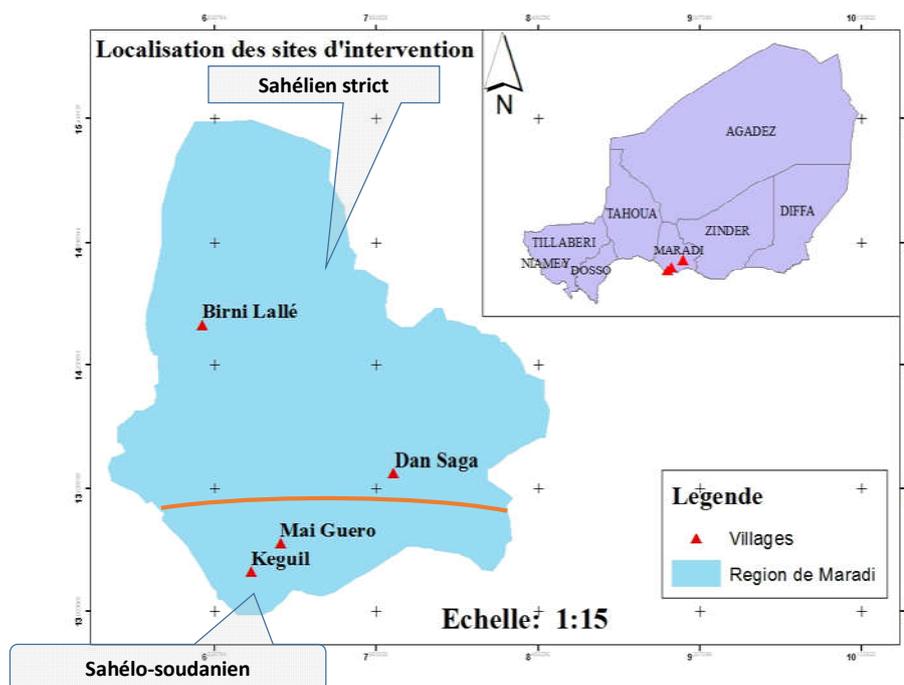


Figure 1 : Localisation des sites d'étude

2-2. Climat

- *Secteur sahélien strict*: Le climat de la zone est de type sahélien caractérisé par une longue saison sèche de 8 à 9 mois et une courte saison pluvieuse de 3 à 4 mois. La saison sèche est subdivisée en une saison sèche froide qui s'étale de novembre à février et dont les températures journalières moyennes fluctuent entre 10 et 20°C [16] et en une saison sèche chaude allant de mars à mai au cours de laquelle les températures peuvent atteindre 40°C. Dans ces zones, en moyenne les températures varient de 27 à 29°C et l'humidité relative de 18 % à 70,5 % [17]. La saison pluvieuse débute généralement en juin pour prendre fin en octobre. La pluviométrie moyenne annuelle, calculée sur 30 dernières années, est plus élevée dans le département d'Aguié (463,4 ± 132,7 mm) et plus faible dans le département de Dakoro (361,9 ± 100 mm) qui se trouve à une latitude plus élevée.
- *Secteur sahélo-soudanienne*: La commune de Gabi chef-lieu de se situe dans la zone soudano-sahélienne. La moyenne pluviométrique sur 8 années (de 2006 à 2013) est de 552,51 mm. Le nombre de jours de pluie est de 34. La température moyenne varie assez fortement d'une saison à l'autre : elle est de l'ordre de 21,9°C en janvier à 38,6 °C en mai ; les minimas varient de 13,6°C en janvier à 26,9°C en mai pendant que les maximas varient de 30,2°C en janvier à 40,4°C en avril [18]. Le climat est caractérisé par deux saisons : une saison pluvieuse courte allant de juin à septembre, avec des précipitations relativement importantes par rapport au reste de la région. Les années 2010 et 2011 ont enregistré respectivement 620,9 et 734 mm de hauteur d'eau avec 39 jours de pluies chacune ; valeurs au-dessus de la moyenne. Cependant, l'année 2008 enregistre 346,7 mm en 21 jours de pluies, hauteur cumulée nettement inférieure à la moyenne.

2-3. Aspects pédologique

On distingue trois (3) types de sol dans les départements d'Aguié (DDAA, 2004) et Dakoro selon les conditions géomorphologiques. Les sols dunaires peu différenciés de texture sableuse, à faible taux d'argile (2 %), occupent la majeure partie des départements. Ce sont des sols peu sensibles à l'érosion hydrique du fait de faible ruissellement ; mais sensibles à l'érosion éolienne avec une tendance à l'encroûtement à la surface. Les arbres manifestent une plus grande régénération sur ces sols [18]. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés, de texture limoneuse ont une teneur en argile les rendant compacts et peu perméables. Une fois dépourvus de leur couvert végétal, ces sols sont exposés à l'érosion hydrique. Les sols de bas-fond sont localisés dans les vallées et dans les dépressions inter dunaires. Ce sont des sols à hydromorphie temporaire, formés d'alluvions argilo-sableuses, à texture variable et cohérents à sec. Ces sols sont en général couverts par une végétation importante.

2-4. Flore et Végétation

- *Secteur sahélien strict*: Dans la subdivision phytogéographique de Saadou [17], la végétation du secteur sahélien strict est caractérisée par la présence de fourré à *Combretaceae* sur les plateaux latéritiques, savanes sur les terrasses sableuses méridionales et steppes sur les dunes et dans les vallées sèches. La plus importante végétation est localisée dans les forêts classées et la vallée de Goulbi. La flore de cette zone est constituée des ligneux comme, *Sclerocarya birrea*, *Commiphora africana*, *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum* et des herbacées, comme *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*, *Brachiara disticophilla*, *Sida cordifolia*. La vallée de Goulbi N'kaba est essentiellement dominée par *Hyphaene thebaica*. En général, la flore du département est dominée par trois espèces : *Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis* et *Hyphaene thebaica* [17].
- *Secteur sahélo-soudanienne*: La végétation du secteur sahélo-soudanienne est caractérisée par des

savanes arbustive, arborée et boisée et des fourrées à Combretaceae. Dans les formations naturelles on trouve également des galeries forestières le long des cours d'eau. La flore est dominée principalement par des Combretaceae (*Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, *Combretum glutinosum*) associées, en fonction de la topographie et du type de sols, aux espèces telles que *Lannea microcarpa*, *Diospyros mespiliformis* et des espèces des familles des Mimosacées (*Acacia macrostachya*, *Acacia ataxacantha*), Cesalpiniaceae, (*Piliostigma reticulatum*), Capparaceae et Tiliacées. Dans les formations naturelles, la strate supérieure de moins en moins présente est dominée par : *Prosopis africana*, *Isobertinia doka*, *Azelia africana*, *Bombax costatum* et *Sclerocarya birrea*. Le couvert herbacé est dominé par *Aristida adscensionis* et *Zornia glochidiata*, les espèces accompagnatrices sont : *Schizachyrium exile*, *Diheteropogon hagerupii*, *Pennisetum pedicellatum* [16].

2-5. Échantillonnage

Dans le cadre de la présente étude, deux (2) secteurs agro-écologiques et deux (2) sites par secteur ont fait l'objet de prospection. Il s'agit des sites de Mai Guéro et Kéjil en secteur sahélo-soudanien et Dan Saga et Birnin Lallé en secteur sahélien strict. Dans ce dernier secteur, les prospections ont été effectuées dans les champs du terroir villageois sur les sites de Birnin Lallé et Dan Saga. Sur le site de Kéjil, les prospections ont été effectuées dans les champs du mil du terroir villageois et quelques relevés dans la forêt de Madarounfa. Le deuxième site du secteur sahélo-soudanien est le site de Mai Guéro. Sur ce dernier site les prospections ont été effectuées dans les champs et dans l'aire de pâturage de Mai Guéro. L'échantillonnage effectué est axé sur des transects aléatoires afin de prendre en compte la plus grande diversité du milieu [19]. Ainsi suivant chaque transect, des placettes de 1000 m² ont été délimitées avec une équidistance de 300 m.

2-6. Collecte des données

Au total, 60 placettes ont été relevées (14 à Birnin Lallé, 15 à Dan Saga, 16 à Kéjil et 15 à Mai Guéro). Dans chaque placette tous les individus ligneux de toutes espèces confondues ont été comptés et notés. Pour l'appréciation de la texture des sols, la méthode tactile a été utilisée. Les autres paramètres écologiques tels que, les niveaux géomorphologiques, le type d'occupation et d'utilisation des sols ont été notés.

2-7. Analyse et traitement des données

- *Type biologique*

Le type biologique est l'adaptation globale du végétal à l'égard du milieu. C'est l'ensemble des particularités morpho-physiologiques qui permettent d'endurer un climat déterminé, surtout la saison défavorable. Il s'agit des types biologiques de Raunkier [20] de la végétation ligneuse phanérophyte. Les phanérophytes sont des plantes ligneuses dont les bourgeons sont situés à plus de 50 cm au-dessus de la surface du sol.

- 1) Nanophanérophytes < 2 m ;
- 2) Microphanérophytes 2 à 8 m ;
- 3) Mésophanérophytes 8 à 30 m ;

- *Types phytogéographiques*

- Chorologie africaine

Le type phytogéographique adaptée est celui de [17], utilisée dans les travaux sur la végétation de la sous-région. Les documents de base utilisés pour cette répartition phytogéographique sont : Flora of West Tropical Africa de Hutchinson et Daziel, la flore illustrée du Sénégal (Berhaut, 1971-1979 : Tomes I-VI) et la nouvelle flore illustrée du Sénégal et des régions voisines. Il s'agit de :

- 1) SZ : Soudano zambéziennes ;
- 2) GC : Guinéo congolaises ;
- 3) Sah.S : Saharo indienne ;
- 4) Med : Méditerranéennes ;
- 5) i : Introduites.

- *Chorologie mondiale*

Les types phytogéographiques adoptés dans cette étude sont adaptés aux subdivisions chorologiques mondiales généralement admises pour l'Afrique [21] et ont largement été déjà utilisés [16]. Il s'agit de :

Espèces à large distribution : Cosmopolites (Cos) : espèces distribuées dans les régions tropicales et tempérées du monde ; Afro-Américaines (AA) : espèces répandues en Afrique et en Amérique ; Pantropicales (Pan) : espèces répandues en Afrique, en Amérique et en Asie tropicale ; Paléotropicale (Pal) : espèces réparties en Afrique tropicale, Asie tropicale, à Madagascar et en Australie.

Espèces à distribution limitée au continent africain : Afro-Malgaches tropicales (AM) : espèces distribuées en Afrique et à Madagascar ; Afro-Tropicales (AT) : espèces répandues dans l'Afrique tropicale ; Pluri-régionales (PA) : espèces dont l'aire de distribution s'étend à plusieurs centres régionaux d'endémisme ; Soudano-Zambéziennes (SZ) : espèces distribuées à la fois dans les centres régionaux d'endémismes soudanien et zambézien ; Guinéo-Congolaises (GC) : espèces distribuées dans la région guinéenne ; Sahélo-saharienne (SS) : espèces à distribution sahélienne et saharienne.

2-8. Indices de diversité alpha

Les paramètres tels que la richesse spécifique, la diversité spécifique de Shannon (H') et l'équitabilité de Pielou (E) ont été calculés au sein de chaque relevé. Ces deux derniers paramètres donnent des informations sur la distribution des individus de chaque espèce dans les relevés.

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

$$E = H/\log_2 S \quad (2)$$

S étant le nombre total d'espèces, p_i est la fréquence relative des espèces. Plus l'indice est grand, plus la diversité est élevée.

2-9. Analyse du gradient direct de la végétation

Deux matrices de données ont été constituées et soumises à une analyse canonique des correspondances (CCA) à l'aide de Logiciel Canoco for Windows version 4.5. Il s'agit de la matrice des données phytosociologiques (présence absence des espèces et relevés) et matrice des paramètres écologiques et environnementaux et les relevés.

3. Résultats

3-1. Caractéristiques floristiques

Les relevés effectués dans les différentes zones agro-écologiques ont permis d'établir les caractéristiques écologique et floristique des stations au niveau de 4 Villages. Les familles les plus représentées, aussi bien

en secteur sahélien strict qu'en secteur sahélo-soudanien, sont les Mimosaceae avec 50 % à Birnin Lallé, 22,2 % à Dan Saga, 31,3 % à Kegil et enfin 20 % à Mai Guéro. Ces familles sont suivies de la famille des Cesalpiniaceae dans tous les secteurs avec 3 espèces soit 16,7 % à Dan Saga et une espèce soit 16,7 % à Birnin Lallé en secteur sahélien strict et 2 espèces dans chacun des villages du secteur sahélo-soudanien, soient 12,5 % à Kegil et 13,3 % à Mai Guéro. Les familles des Combretaceae sont bien représentées en secteur sahélo-soudanien avec 3 espèces à Kegil soient 18,8 % et une espèce à Mai Guéro soit 6,7 %. Les familles des Balanitaceae et Rhamnaceae sont observées dans tous les secteurs avec un représentant en l'occurrence *Balanites aegyptiaca* pour la famille des Balanitaceae et deux espèces notamment *Ziziphus mauritiana* et *Ziziphus spina-christi* pour la famille des Rhamnaceae (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Distribution des familles botaniques

Famille	Sahel Strict				Sahélo-soudanien			
	Birnin lallé		Dan Saga		Kegil		Mai Guéro	
	Nombre d'espèces	%						
<i>Anacardiaceae</i>	0	0	2	11,1	1	6,3	0	0
<i>Annonaceae</i>	0	0	1	5,6	1	6,3	1	6,7
<i>Balanitaceae</i>	1	16,7	1	5,6	1	6,3	1	6,7
<i>Bombacaceae</i>	0	0	1	5,6	0	0	1	6,7
<i>Burseraceae</i>	0	0	1	5,6	0	0	0	0
<i>Capparidaceae</i>	0	0	2	11,1	1	6,3	0	0
<i>Cesalpiniaceae</i>	1	16,7	3	16,7	2	12,5	2	13,3
<i>Combretaceae</i>	0	0	1	5,6	3	18,8	1	6,7
<i>Ebenaceae</i>	0	0	0	0	1	6,3	1	6,7
<i>Meliaceae</i>	0	0	1	5,6	0	0	1	6,7
<i>Mimosaceae</i>	3	50	4	22,2	5	31,3	3	20
<i>Moraceae</i>	0	0	0	0	0	0	1	6,7
<i>Rhamnaceae</i>	1	16,7	1	5,6	1	6,3	2	13,3
<i>Rubiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	1	6,7
<i>Total</i>	6	100	19	100	16	100	15	100

3-2. Spectres des formes de vie

L'importance numérique des spectres de formes de vie observées dans l'ensemble des zones prospectées est récapitulée dans la **Figure 1**. Le spectre brut donne l'importance des espèces dans un type biologique alors que le spectre pondéré tient compte non seulement de la présence mais aussi de recouvrement de l'espèce. Dans tous les secteurs, les Microphanérophytes (MicPh) sont les plus dominants donnant ainsi une idée sur l'aridité de nos zones d'étude. En secteur sahélien strict, les spectres pondérés des Microphanérophytes montrent des fréquences de 99,5 % à Birnin Lallé et 84,3 % à Dan Saga. Ce spectre est de 98,2 % pour Kegil et 86,6 % pour Mai Guéro en secteur Sahélo-soudanien. Les espèces *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* font partie de ce dernier type biologique (**Figure 2**).

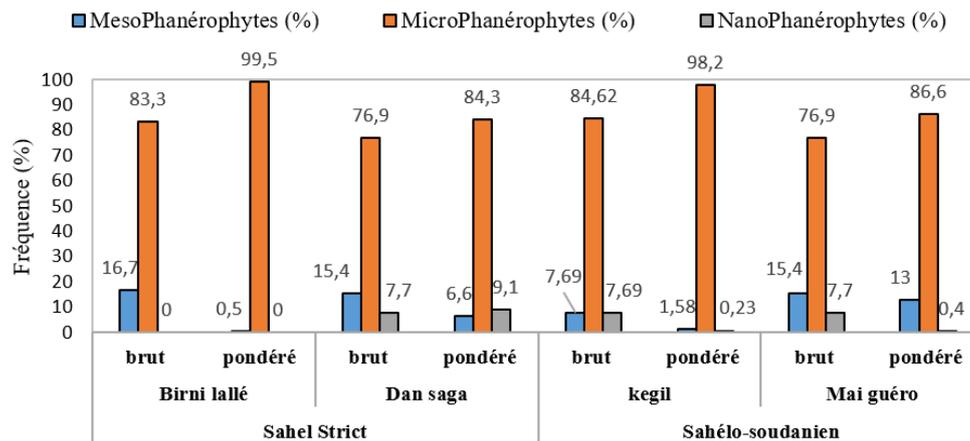


Figure 2 : Spectre brut de type biologique global

3-3. Spectres des types phytogéographiques

Les spectres des types chorologiques sont récapitulés dans le **Tableau 2** montre une dominance, dans tous les secteurs, des espèces Soudano-zambéziennes (SZ) suivies des espèces Afro-tropicales (AT). Les espèces sahélo-sahariennes (SS) sont aussi bien représentées avec 33,3 % du spectre brut et 11 % du spectre pondéré à Birnin Lallé et 15,4 % du spectre brut et 1,5 % du spectre pondéré à Dan Saga en secteur Sahélien strict. En secteur Sahélo-soudanien, les espèces Soudaniennes (S) sont présentes par 23,1 % du spectre brut et 10,6 % du spectre pondéré à Kégil et 23,1 % du spectre brut et 2,8 % du spectre pondéré à Mai Guéro. *B. aegyptica* appartient au type Soudano-zambéziennes et *Z. mauritiana* au Type Afro-tropical (AT) (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Spectre chorologique des zones d'études

Spectre de type phytogéographique	Sahel Strict				Sahélo-soudanien			
	Birnin Lallé		Dan Saga		Kégil		Mai Guéro	
	Brut (%)	Pondéré (%)	Brut (%)	Pondéré (%)	Brut (%)	Pondéré (%)	Brut (%)	Pondéré (%)
AT	33,3	44,8	30,8	13,1	23,1	29,7	15,4	25,9
Pal	0	0	7,7	6,6	0	0	7,7	1,2
S	16,7	0,5	23,1	11,1	23,1	10,6	23,1	2,8
SG	0	0	0	0	0	0	7,7	0,4
SS	33,3	11,0	15,4	1,5	7,7	14,4	15,4	33,2
SZ	16,7	43,8	23,1	67,7	46,2	45,3	30,8	36,4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

3-4. Analyse de la diversité

Les indices de diversité de l'ensemble des sites analysés ont été récapitulés dans le tableau 3. L'indice de diversité de Shannon (H') le plus élevé est observé au niveau de Mai Guéro avec 2,93 bits suivi de Kégil avec 2,79 bits tous les deux appartenant au secteur Sahélo-soudanien. Ces valeurs ne s'expliquent pas par la richesse spécifique bien qu'elles soient élevées au niveau de ces deux sites avec 16 espèces pour Kégil et 15 espèces pour Mai Guéro. Par contre, l'indice de diversité de Shannon (H') observé au niveau de Dan Saga est relativement faible (2,54 bits), mais avec une richesse spécifique (S) élevée (19 espèces). L'analyse de l'équitabilité de Piélou (E) permet de confirmer la dominance (*B. aegyptiaca* qui représente jusqu'à 54,7 % de l'ensemble des peuplements) au niveau de Dan Saga (0,60 bits). En outre, l'équitabilité est de 0,75 bits à Mai Guéro et 0,70 bits à Kégil. Bien que le site de Dan Saga soit dans le secteur sahélien strict et tous les relevés

ont été effectués dans les champs, il présente la plus forte richesse spécifique (19 espèces). La richesse spécifique de Dan Saga est relativement supérieure à celles observées à Mai Guéro et à Kégil en dépit de leur appartenance au secteur sahélo-soudanien et que tous les relevés ont été effectués dans des formations naturelles plus ou moins protégées. Les plus faibles indices de diversité ont été observés à Birnin Lallé, le site le plus au nord et le moins arrosé de nos zones d'étude (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Indices de diversité. *H'* : indice de diversité de Shannon, *E* : équitabilité de Piérou, *S* : richesse spécifique, *Hmax* : diversité maximale

Indices de diversité	Sahel Strict		Sahélo-soudanien	
	Birnin Lallé	Dan Saga	Kégil	Mai Guéro
<i>H'</i>	1,57	2,54	2,79	2,93
<i>S</i>	6	19	16	15
<i>Hmax</i>	2,58	4,25	4,00	3,91
<i>E</i>	0,61	0,60	0,70	0,75

3-5. Individualisation des groupements végétaux

L'ordination par l'analyse canonique des correspondances (CCA) de la matrice de présence-absence des espèces (60 relevés et 28 espèces ligneuses) et les paramètres environnementaux de l'ensemble de la végétation montre que les deux premiers axes concentrent à eux seuls 53,8 % des informations avec une inertie totale de 4,280. Ce qui met en évidence une réponse unimodale tranchée des relevés floristiques. Les cartes factorielles issues de la CCA permettent d'interpréter la discrimination des différents groupes de végétation suivant le gradient agro-écologique (**Figure 3**).

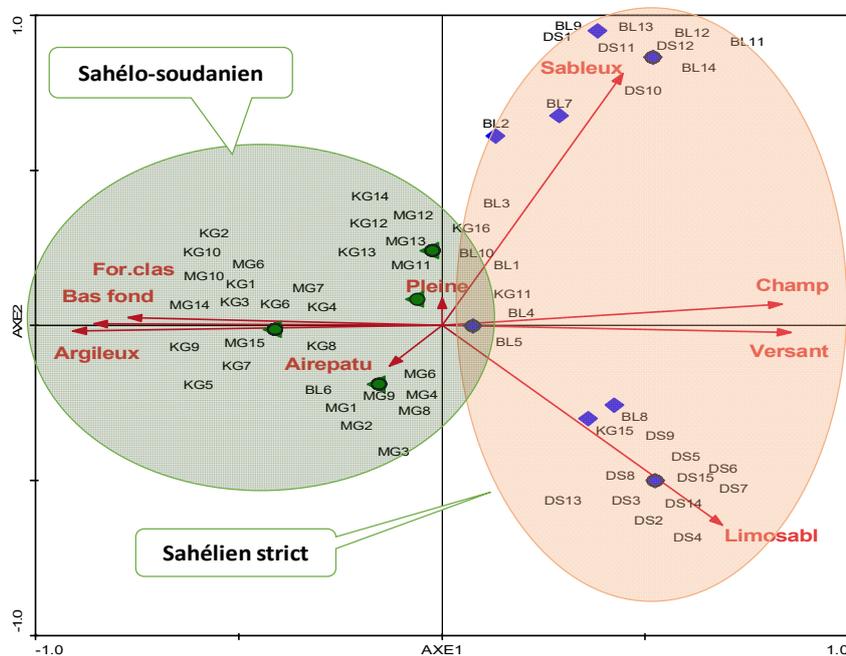


Figure 3 : Discrimination des relevés en fonction des paramètres stationnaires

L'analyse du plan factoriel montre une bonne discrimination des relevés en fonction des sites ayant fait l'objet des relevés. Les sites du secteur sahélo-soudanien se sont bien discriminés à travers l'axe 1 et ceux du secteur sahélien strict se sont bien distingués par une distance de corrélation relativement grande suivant l'axe 2. En

secteur sahélien strict, l'essentiel des relevés a été effectué dans les champs. Par contre, on observe une distribution assez bien différenciée des sites selon le type de sol. Les relevés du site de Dan Saga sont majoritairement observés sur sol limono-sableux alors que ceux de Birnin Lallé sont observés sur sol sableux. En secteur sahélo-soudanien, la discrimination des relevés n'est pas assez différenciée. En effet, les forêts classées et les aires de pâturage ont fait l'objet des relevés seulement dans ce secteur. Toutefois, les sites de ce secteur sont partagés entre les aires du pâturage et les forêts classées. On note également une bonne discrimination des relevés sur sol à texture argileuse dans les bas-fonds. La distribution des relevés suivant les paramètres écologiques présente des conséquences sur la composition floristique des relevés dans chaque secteur (**Figure 4**).

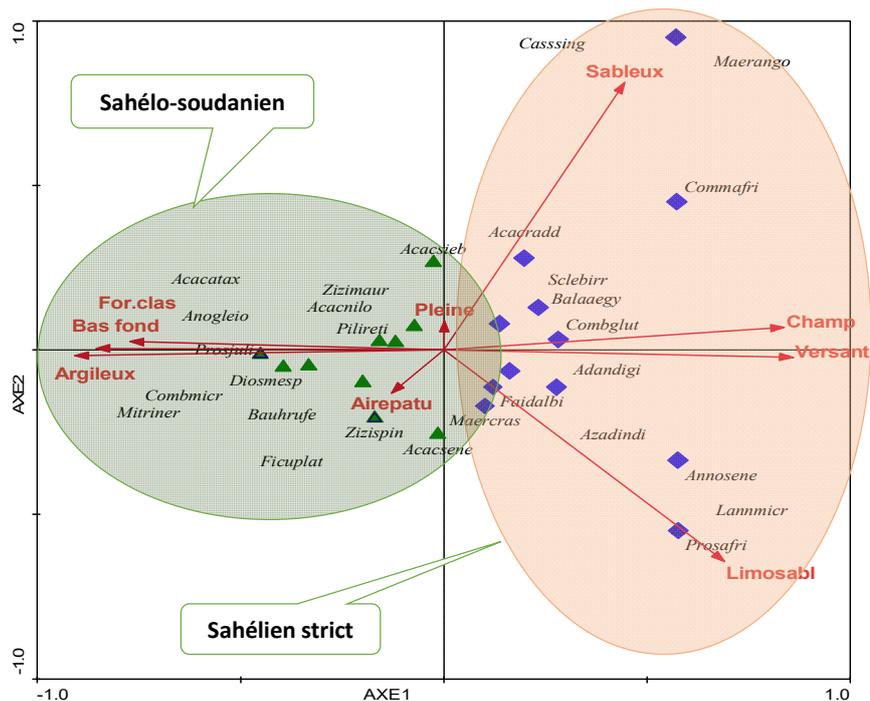


Figure 4 : Discrimination des espèces ligneuses en fonction des paramètres stationnaires

L'analyse du plan factoriel de la CCA incluant les espèces et les paramètres environnementaux et écologiques illustre bien les relations qui existent entre les secteurs agro-écologiques, les paramètres stationnaires et la flore. En effet, dans le secteur sahélien strict on observe une distribution assez marquée des espèces telles que *Cassia singueana*, *Maerua angolensis* et *Commiphora africana* sur sols sableux. Les espèces, *Prosopis africana*, *Lannea microcarpa* et *Annona senegalensis* se sont bien distinguées sur sol limono-sableux à Dan Saga. En secteur sahélo-soudanien, sur sol argileux dans les bas-fonds, on constate une prédominance des espèces telle que *Mitragyna inermis*, *Acacia ataxacantha*, *Anogeisus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis* et *Combretum micranthum*. Les autres espèces observées sur des plaines sont distribuées essentiellement dans tous les secteurs, il s'agit de *Ziziphus mauritiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Faidherbia albida* et *Piliostigma reticulatum*, etc. (**Figure 4**).

3-6. Caractérisation écologique par secteur

Entre le secteur sahélien strict et le secteur sahélo-soudanien, le nombre de famille, de genres et le nombre d'espèce n'est pas significativement différent. Il en est de même pour les indices de diversité. Par contre, des petites variations ont été observées au niveau des différentes formes de vie et le spectre de type phytogéographique. Les espèces Microphanérophytiques (MicPh : espèces ligneuses dont le bourgeon se

trouve entre 2 et 8 m du sol) dominant largement l'ensemble de la végétation. Les espèces afro-tropicales (AT) sont bien représentées en secteur sahélien strict avec 23,53 % contre 10 % en secteur sahélo-soudanien. Par ailleurs, les espèces soudano-zambéziennes (SZ) sont plus représentées en secteur sahélo-soudanien (55 %) et moins représentées en secteur sahélien strict (29,41 %) (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Paramètres écologiques des secteurs

		Sahélien strict	Sahélo-soudanien
<i>Taxonomie</i>	Familles (Nombre)	11	12
	Genres (Nombre)	16	16
	Espèces (Nombre)	19	21
<i>Indices de Diversité</i>	H' (bits)	3,12	3,53
	E (bits)	0,74	0,80
	Hmax (bits)	4,25	4,39
<i>Chorologie africaine</i>	GC-SZ (%)	-	5,00
	I (%)	5,88	10,00
	SZ (%)	47,06	40,00
	SZ-Sah.S (%)	47,06	45,00
<i>Chorologie mondiale</i>	AT (%)	23,53	10,00
	Pal (%)	5,88	5,00
	S (%)	23,53	15,00
	SG (%)	-	5,00
	SS (%)	17,65	10,00
<i>Type biologique</i>	MesPh (%)	11,76	14,29
	MicPh (%)	82,35	84,01
	nPh (%)	5,88	1,7

4. Discussion

L'une des caractéristiques floristiques des zones arides est la dominance des espèces de la famille des Mimosaceae. Sur le site de Birnin Lallé, le site le plus sec de notre zone d'étude, 6 espèces ligneuses seulement ont été observées. Il s'agit de *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Bauhinia rufescens* et *Faidherbia albida*. Toutes ces 6 espèces, hormis *Bauhinia rufescens* sont des espèces épineuses dont 3 espèces sont du genre *Acacia*. Cette dominance des espèces épineuses témoigne de l'appartenance du site de Birnin Lallé à la zone purement aride. Le site de Mai Guéro, le site le plus arrosé de nos zones d'étude ne présente que 40 % d'espèces épineuses. En effet, ce trait morphologique observé chez la plupart des plantes xérophytes est une adaptation à la sécheresse. Selon [22], les arbres qui vivent actuellement dans les zones arides ont franchi toutes les étapes climatiques depuis les périodes les plus arides comme le dernier maximum glaciaire, il y a environ 18 000 ans, jusqu'aux phases les plus humides telles que l'Holocène il y a environ 6 000 ans. Parmi les traits morphologiques adoptés par les plantes, la transformation des feuilles en épine permet à la plante de réduire la perte en eau par transpiration [23]. Les facteurs climatiques du milieu conditionnent l'installation de la végétation. En zone aride, le bilan hydrique non favorable au développement de la végétation oblige les plantes à adopter des réponses à la hauteur des contraintes du milieu. En effet, l'une des réponses adoptées par la végétation des zones arides est la dominance des Microphanérophytes, c'est-à-dire les plantes dont les bourgeons sont situés entre 2 et 8 m du sol. Dans toute la zone d'étude aussi bien en secteur sahélien strict qu'en secteur sahélo-soudanien les Microphanérophytes représentent plus de 80 %. Cette Microphanérophytisation est la conséquence de la faiblesse de précipitation observée dans l'ensemble de la zone d'étude. En zone aride, les plantes de ce type

développent plus leur appareil souterrain à la recherche de l'eau de la nappe souterraine contrairement à la partie aérienne réduite pour limiter la perte d'eau par transpiration. Les Mésophanérophites dont le bourgeon est situé entre 8 et 30 m du sol sont plus représentées en secteur sahélo-soudanien avec 14,29 % et moins représentées en secteur sahélien strict avec 11,7 %. Plusieurs auteurs ont montré l'étroite relation qui existe entre les climats arides et le développement des types biologiques adaptés en conséquence [13, 24, 25]. L'analyse de la diversité permet de mettre en évidence, l'évolution de la richesse spécifique en fonction de gradient climatique. Le site de Birnin Lallé situé plus au nord et le moins arrosé se distingue par une faible richesse spécifique. En effet, 6 espèces seulement ont été inventoriées dans cette zone. Le site de Dan Saga, en dépit de son appartenance au secteur sahélien strict se distingue par la richesse spécifique la plus élevée (19 espèces). Ce site est reconnu au Niger comme une référence en matière de la régénération naturelle assistée [10]. Plusieurs projets de développement ont contribué à l'enrichissement et à la conservation des ressources ligneuses dans cette zone. Bien que la richesse spécifique soit la plus élevée sur ce site, l'indice de diversité de Shannon reste plus faible par rapport à celui observé sur le site de Kéjil avec une richesse spécifique plus faible (16 espèces). Ce faible indice s'explique par la dominance de *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* à hauteur de 62,6 % de l'ensemble de peuplement. Ces deux espèces sont observées sur tous les sites et dans tous les secteurs mais beaucoup plus abondantes dans le secteur sahélien strict.

La diversité relativement élevée qui est observée au niveau du site de Kéjil s'explique par sa proximité de la forêt de Madarounfa plus ou moins en état. Des études sur l'influence des formations naturelles telles que les forêts sur les formations anthropisées ont montré que l'effet de la lisière est bénéfique pour le développement de la biodiversité dans les champs à travers la dissémination des diaspores [26]. Par contre à Mai Guéro, la richesse spécifique est de 15 espèces, pourtant ce site est le plus arrosé de nos zones d'étude. Dans ce dernier site, les populations n'ont pas encore adopté le réflexe de conservation et de la régénération naturelle assistée dans leurs champs. Au début de la saison pluvieuse, toutes les espèces épineuses sont systématiquement défrichées. Pourtant, les fruits de *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana* sont bien exploités et même transformés en huile et en savon puis vendus sur les marchés par les femmes. La présence des épines sur ces plantes gêne les paysans lors des travaux champêtres. La présence des espèces épineuses qui constituent l'essentiel de la flore des zones arides n'est constatée que dans les aires de pâturage et les forêts communautaires. Les études menées dans les terroirs villageois ont montré le lien de dépendance entre l'utilisation des ressources ligneuses et leur conservation [27, 28]. Les espèces alimentaires ou médicinales sont sélectionnées au détriment des espèces moins utiles ou qui peuvent constituer des obstacles aux activités dans les champs [29].

5. Conclusion

L'étude conduite dans le secteur sahélien strict et sahélo-soudanien a permis de mettre en évidence la distribution préférentielle des espèces végétales ligneuses suivant le gradient climatique dans la région de Maradi. Suivant le gradient d'aridité, le site de Birnin Lallé situé en secteur sahélien strict qui constitue le site moins arrosé de nos sites d'étude est caractérisé par des espèces xérophytes sur sol sableux. L'essentiel de la végétation est composé par des espèces de la famille des Mimosaceae. Le secteur sahélien strict se distingue par une distribution de *Cassia singueana*, *Maerua angolensis* et *Commiphora africana* sur sols sableux. Les espèces, *Prosopis africana*, *Lannea microcarpa* et *Annona senegalensis* se sont bien distinguées sur sol limono-sableux à Dan Saga. En secteur sahélo-soudanien, sur sol argileux des bas-fonds, on constate une prédominance de *Mitragyna inermis*, *Acacia ataxacantha*, *Anogeissus leiocarpa*, *Diospyros mespiliformis* et *Combretum micranthum*. Les autres espèces observées sur des plaines sont distribuées essentiellement dans tous les secteurs, il s'agit de *Ziziphus mauritiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Faidherbia albida* et *Piliostigma reticulatum*. En secteur sahélo-soudanien, compte tenu de la disponibilité des ressources ligneuses, les paysans pratiquent un défrichement sélectif en éliminant les espèces ligneuses épineuses qui pourtant constituent une part importante des espèces ligneuses en zones arides.

Remerciements

À l'agence Agropolis pour le financement de cette recherche à travers le Projet TREEFOOD.

Références

- [1] - Y-C. H. HOUNTONDJI, Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest: Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique (2008) 153 p.
- [2] - A. OZER and P. OZER, Désertification au Sahel : crise climatique ou anthropique ? Bulletin des Séances de l'Académie royale des sciences d'Outre-Mer, 51 (2005) 395 - 423
- [3] - J. L. DUPOUEY et J. BODIN, Déplacements déjà observés des espèces végétales : quelques cas emblématiques, mais pas de migrations massives », Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série no3, « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques, (2007) 34 - 39 p.
- [4] - B. SEGUIN, N. BRISSON, D. LOUSTAU et J. L. DUPOUEY, Impact du changement climatique sur l'agriculture et la forêt, in L'Homme face au climat, actes du symposium du Collège de France, Paris, 12-13 oct 2004, ed Odile Jacob, (2006) 177 - 204 p.
- [5] - W. EASTERLING, P. AGGARWAL, P. BATIMA, K. BRANDER, L. ERDA, M. HOWDEN, A. KIRILENKO, J. MORTON, J. F. SOUSSANA, J. SCHMIDHUBER, F. TUBIELLO, Food, fibre, and forest products. In Climate Change 2007 : Climate Change Impacts, adaptations and vulnerability, IPCC Working Group II, Cambridge University Press, Cambridge, England, EEA, Impacts of Europe changing climate. An indicator-based assessment, EEA report, N°2 (2008) 107 p.
- [6] - L. FAH, J. R. KLOTOE, V. DOUGNON, H. KOUOKPON, V. B. A. FANOU, C. DANDJESSO, F. LOKO, Étude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète chez les femmes enceintes à Cotonou et Abomey-Calavi (Bénin). JAPS., Vol. 18, Issue 1 (2013) 2647 - 2658
- [7] - FAO, Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Rome, Italie, (2003) 63 p.
- [8] - FAO, Situation des forêts du monde. Rome, Italie, (2009) 168 p. ISBN 978-92-5-206057-4
- [9] - H. RABIOU, B. A. BATIONO, K. ADJONOU, A. D. KOKUTSE, A. MAHAMANE et K. KOKOU, Perception paysanne et importance socioculturelle et ethnobotanique de *Pterocarpus erinaceus* au Burkina Faso et au Niger. *Afrique SCIENCE*, 13 (5) (2017) 43 - 60
- [10] - I. BAGGNIAN, M. M. ADAMOU, T. ADAM, A. MAHAMANE, Impact des modes de gestion de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux (RNA) sur la résilience des écosystèmes dans le CentreSud du Niger. *J. Appl. Biosci*, 71 (2013) 5742 - 5752
- [11] - M. HOWDEN, J. F. SOUSSANA, F. N. TUBIELLO, N. CHTETRI, M. DUNLOP, P. K. AGGARWAL, Adapting agriculture to climate change, PNAS, 104 (2007) 19691 - 19696
- [12] - M. LEGAY, F. MORTIER, P. MENGINLECREULX, T. CORDONNIER, La gestion forestière face aux changements climatiques : tirons les premiers enseignements. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 3, « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques, (2007) 95 - 102
- [13] - A. C. ADOMOU, A. MAMA, R. MISSIKPODE et B. SINSIN, Cartographie et caractérisation floristique de la forêt marécageuse de Lokoli (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3 (3) (2009) 492 - 503
- [14] - M. GOTTFRIED, H. PAULI, A. FUTSCHIK, M. AKHALKATSI, P. BARANCOK, J. L. BENITO ALONSO, G. COLDEA, J. DICK, B. ERSCHBAMER, M. R. FERNANDEZ CALZADO, G. KAZAKIS, J. KRAJCI, P. LARSSON, M. MALLAUN, O. MICHELSEN, D. MOISEEV, P. MOISEEV, U. MOLAU, A. MERZOUKI, L. NAGY, G. NAKHUTSRISHVILI, B. PEDERSEN, G. PELINO, M. PUSCAS, G. ROSSI, A. STANISCI, J.-P. THEURILLAT, M. TOMASELLI, L. VILLAR, P.

- VITTOZ, I. VOGIATZAKIS & G. GRABHERR, Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Cl. Change*, 2 (2012) 111 - 115
- [15] - J. LENOIR, J. C. GÉGOUT, P. A. MARQUET, P. DE RUFFRAY, H. BRISSE, A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320 (2008) 1768 - 1771
- [16] - A. MAHAMANE, M. SAADOU, Y. BAKASSO, I. ABASSA, A. ICHAOU, S. KARIM, Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger) ; *Sécheresse*, octobre-novembre-décembre, Vol. 18, N° 4 (2007) 9 p.
- [17] - M. SAADOU, La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de Docteur ès Sciences Naturelles, Université de Niamey, (1990) 395 p. + annexes
- [18] - A. ICHAOU, Conduite test du protocole régional de suivi des impacts environnementaux de l'exploitation des ressources forestières des plaines sableuses de Banban Rafi, Cellule Régionale de Coordination PREDAS (CRC/PREDAS) Rapport final, INRAN, (2009) 88 p.
- [19] - M. GOUNOT, Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, (1969) 314 p.
- [20] - C. RAUNKIAER, The life forms of plants and statistical plant geography. *Clarendon*, Oxford, (1934)
- [21] - P. S. WHITE and S. T. A. PICKETT, Natural disturbance and patch dynamics. *Biological conservation*, 13 (1985) 27 - 37
- [22] - P. BIRNBAUM, Ces arbres qui profitent de l'extrême, Désert et désertification. *Sciences au Sud*, N°36 (2006)
- [23] - A. MAHAMANE et M. SAADOU, Structures anatomiques de quelques organes de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. Et adaptation à la sécheresse. *Sécheresse*, 20 (2) (2009) 237 - 9
- [24] - A. MAHAMANE, Étude floristique, phytosociologie et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger *Acta Bot. Gallica*, 153 (2) (2006) 265 - 269
- [25] - A. THIOMBIANO, M. SCHMIDT, H. KREFT, S. GUINKO, Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'ouest). *Jour. Inter. Botaniq. Syst., Candollea*, 61 (1) (2006) 189 - 213
- [26] - A. M. LYKKE, Local perceptions of vegetation change and priorities for conservation of woody savanna vegetation in Senegal. *Journal of Environmental Management*, 59 (200) 107 - 120
- [27] - B. A. BATIONO, A. ALKASSOUM MAÏGA, P. COMPAORE et A. KALINGANIRE, Dimension socioculturelle du baobab (*Adansonia digitata* L.) dans le Plateau central du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 306 (2010) 23 - 32
- [28] - H. SAWADOGO, L. BOCK, D. LACROIX, N. P. ZOMBRE, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12 (3) (2004) 279 - 290
- [29] - A. FOURNIER, CH. FLORET, G. M. GNAHOUA, Végétation des jachères et succession post-culturelle en Afrique Tropicale. In : Floret C, Pontanier R, eds. La jachère en Afrique tropicale. Actes du séminaire international 13-16 avril 1999, Montrouge : John Libbey Eurotexte, Vol. 2, (2001)