

Caractéristiques phytoécologiques des groupements végétaux des formations naturelles à *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans le Centre-Est du Niger

Maman Kamal ABDOU HABOU^{1*}, Habou RABIOU¹, Laouali ABDOU¹,
Boubacar MOUSSA MAMOUDOU¹ et Ali MAHAMANE^{1,2}

¹ Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, BP : 78, Diffa, Niger

² Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10662, Niamey, Niger

*Auteur correspondant : abdoukamalm@yahoo.fr

RESUME

Les connaissances sur l'organisation spatiale et de la composition floristique des écosystèmes forestiers sont importantes pour les politiques d'aménagement et de conservation. Ce travail vise à caractériser les formations naturelles à *Balanites aegyptiaca*. Les données ont été collectées au moyen des relevés phytosociologiques installés de façon aléatoire dans les agrosystèmes et les formations naturelles. Au total, 27 espèces ligneuses ont été recensées. Quatre groupements végétaux ont été discriminés dont le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis*, le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis*, le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal*. Ces groupements sont sous la dépendance de certaines variables environnementales telles que les types d'occupation et la texture du sol. Le nombre d'espèces par groupement varie de 8 à 21 et l'indice de Shannon varie de 1,29 à 2,61 bits. Ces valeurs indiquent que les groupements sont faiblement diversifiés. L'abondance des Microphanérophytes et des espèces de la famille des Fabaceae traduit l'appartenance de ces sites au climat aride. L'abondance des espèces à large distribution sur les types phytogéographiques confirme l'aridité climatique et la perturbation du milieu.

Mots-clés : *Balanites aegyptiaca*, phytosociologie, ligneux, types biologiques, types phytogéographiques.

ABSTRACT

Phytoecological characteristics of plant groups in natural formations with *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. in the Center-East of Niger

Knowledge of the spatial organization and floristic composition of forest ecosystems is important for planning and conservation policies. This work aims to characterize the natural formations of *Balanites aegyptiaca*. The data were collected by means of phytosociological

surveys installed randomly in agrosystems and natural formations. A total of 27 woody species have been identified. Four plant groups were discriminated among which the grouping with *Balanites aegyptiaca* and *Acacia tortilis*, the grouping with *Balanites aegyptiaca* and *Cordia sinensis*, the grouping with *Balanites aegyptiaca* and *Piliostigma reticulatum* and the grouping with *Balanites aegyptiaca* and *Acacia senegal*. These groupings are dependent on certain environmental variables such as types of occupation and soil texture. The number of species per group ranges from 8 to 21 and the Shannon index ranges from 1.29 to 2.61 bits. These values indicate that the groups are weakly diversified. The abundance of Microphanerophytes and species of the Fabaceae family reflects the fact that these sites belong to an arid climate. The abundance of widely distributed species on phytogeographic types confirms climatic aridity and environmental disturbance.

Keywords : *Balanites aegyptiaca*, phytosociology, woody, biological types, phytogeographic types.

INTRODUCTION

Dans les pays sahéliens en général et au Niger en particulier, les espèces ligneuses occupent une place importante dans le maintien de la dynamique des écosystèmes et dans la vie socio-économique de la population (LARWANOU, 2005). Ces espèces interviennent dans la satisfaction des besoins alimentaire, sanitaire et énergétique. Elles constituent aussi une source de revenus pour les populations rurales à travers la vente des produits forestiers non ligneux (GANABA *et al.*, 2005 ; BALLA *et al.*, 2008 ; BAGGNIAN *et al.*, 2018). Cependant, au cours de ces dernières décennies, les espèces ligneuses et leurs habitats subissent des perturbations liées aux actions anthropiques et aux changements climatiques menaçant leur survie. L'impact des activités humaines est très fortement déterminant dans la dynamique des peuplements ligneux à travers les pratiques locales d'utilisation des terres (LYKKE, 1998 ; HIGGINS *et al.*, 1999). Les ligneux reflètent mieux les facteurs environnementaux et représentent les meilleurs indicateurs des variabilités climatiques et environnementales (HUANG *et al.*, 2002 ; MAHAMANE *et al.*, 2007).

Parmi les ligneux très prisés au Niger, se trouve *Balanites aegyptiaca*. L'espèce est utilisée par la population dans divers domaines (alimentation, médecine traditionnelle, énergie et pâturage) (ABDOU *et al.*, 2020). Dans le Centre-Est du Niger particulièrement dans le département de Damagaram Takaya, *B. aegyptiaca* marque la physionomie de la végétation, par conséquent elle pourrait être considérée comme une espèce dont la présence en densité suffisante est nécessaire au maintien de la structure et du fonctionnement des écosystèmes de

la zone. Mais, la plupart des écosystèmes abritant cette espèce ne sont plus dans leur état originel. Ils ont subi des modifications majeures de leur composition et de leur structure affectant directement la biodiversité. Très peu d'informations existent sur les caractéristiques floristique et écologique des formations à *B. aegyptiaca* dans la zone d'étude. Ce manque d'informations pourrait constituer un problème majeur en matière d'aménagement et de gestion des ressources ligneuses et de celle de *B. aegyptiaca* en particulier. La caractérisation phytoécologique des formations à *B. aegyptiaca* s'avère à présent indispensable. Il est également nécessaire de mettre en évidence l'hétérogénéité spatiale de ces écosystèmes en déterminant les différentes combinaisons d'organisations phytosociologiques. L'objectif principal de cette étude est de caractériser les formations naturelles à *B. aegyptiaca* dans le Centre-Est du Niger.

I. MATERIEL ET METHODES

1.1. Sites d'étude

L'étude a été conduite dans le département de Damagaram Takaya, situé au Centre de la région de Zinder (République du Niger), où deux communes ont été choisies : Damagaram Takaya et Albarkaram. Au sein de chaque commune, deux sites ont été également choisis (Figure 1). Le choix de ces sites a été basé sur la présence des peuplements naturels de *B. aegyptiaca*. Le climat qui règne dans la zone est sahélien avec une longue saison sèche (Octobre à mai) et une saison pluvieuse courte (juin à septembre) avec un cumul annuel pluviométrique compris entre 300 et 400mm. La zone est circonscrite dans le compartiment Nord-sahélien central d'après la subdivision phytogéographique du Niger (SAADOU, 1990). La végétation xérophyte est une steppe arbustive à arborée.

1.2. Echantillonnage et collecte des données

Pour la caractérisation des formations ligneuses à *B. aegyptiaca*, un échantillonnage de type stratifié aléatoire basé sur les types d'occupations des sols (agrosystèmes et les systèmes sylvopastoraux) a été adopté. Les unités d'échantillonnage ou placeaux étaient de 2500 m² pour les agrosystèmes et de 1000 m² pour les formations naturelles pâturées (MAHAMANE et SAADOU, 2008). Au total, 141 placeaux ont été installés dans les quatre sites d'étude (Tableau I).

Dans chaque placeau, un inventaire exhaustif de toutes les espèces ligneuses a été réalisé. Pour chaque espèce ligneuse présente dans le placeau, on lui affecte un coefficient d'abondance-dominance selon l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1932). Ce coefficient est

l'expression du recouvrement relatif de l'ensemble des individus de chaque espèce. Il s'agit de :

+: individus de l'espèce peu abondants, avec un recouvrement faible (0 à 1%);

1: individus abondants, mais le degré de recouvrement est faible (1 à 5%);

2: individus abondants, couvrants entre 5 et 25% de la surface considérée;

3: individus abondants couvrant 25 à 50% de la surface considérée;

4: individus abondants couvrant 50 à 75% de la surface considérée;

5: individus abondants couvrant 75 à 100% de la surface considérée.

D'autres informations supplémentaires ont été également notées. Il s'agit de types d'occupation des sols, la géomorphologie et la texture du sol à travers le test tactile.

1.3. Analyse des données

1.3.1. Groupements végétaux

La matrice des données constituée de 141 relevés et 27 espèces a été soumise à une classification hiérarchique ascendante (CHA) (McCune et Grace, 2002). Les espèces caractéristiques (ou indicatrices), significatives au seuil de 5 %, de chacun des groupements végétaux obtenus ont été identifiées en calculant la valeur indicatrice (VI) des espèces par la méthode IndVal (DUFRENE et LEGENDRE 1997). Ensuite, deux matrices de données (Matrice des groupements végétaux et des variables environnementales et la matrice des espèces et les variables environnementales) ont été soumises à une analyse canonique des correspondances (CCA) (ØKLAND ET EILERTSEN, 1994) pour déterminer les relations qui existent entre les groupements végétaux et les variables environnementales d'une part et d'autre part entre les espèces et les variables environnementales. Le test de permutation de Monte Carlo a été utilisé pour tester la signification des variables environnementales sur la distribution des groupements végétaux. Le logiciel CANOCO version 4.5 (Canonical Community Ordination ou Ordination canonique de communautés) (TER BRAAK ET SMILAUER, 2002) a été utilisé pour l'analyse du gradient direct.

1.3.2. Indices de diversité

La richesse et la diversité spécifique des différents groupements ont été caractérisées à partir des indicateurs structuraux (ou indices) de diversité au sein des communautés (diversité α) et entre les communautés floristiques (diversité β). La diversité α a été calculée à partir de la formule suivante :

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

H' : indice de diversité de Shannon

Pi : fréquence relative des espèces

Le mode de répartition des espèces au sein du groupement a été calculé à l'aide de l'équitabilité de Pielou (1966) qui est donnée par la formule suivante:

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

S : Nombre total d'espèces ; H' : Indice de diversité de Shannon.

Le coefficient de similitude de Jaccard, fréquemment utilisé en phytosociologie permet de justifier l'existence d'une similarité floristique entre deux groupements végétaux. Il se calcule selon la formule suivante :

$$K = Nab / [(Na + Nb) - Nab]$$

Avec : Nab = nombre d'espèces communes aux deux groupements ; Na = nombre d'espèces du groupement 1; Nb = nombre d'espèces du groupement 2.

1.3.3. Spectres biologiques et phytogéographiques

Les spectres des types biologiques et des types phytogéographiques permettent d'apprécier les différences de stratégies de vie et de répartition géographique au sein des communautés végétales (MAHAMANE, 2005).

- Le spectre brut : indique la proportion centésimale des espèces appartenant à chaque catégorie considérée.
- Le spectre pondéré : attribue à chaque catégorie considérée une valeur correspondant à son coefficient d'abondance-dominance pour l'ensemble des relevés contenant les espèces de la catégorie envisagée : (+) 0,5 ; (1) 3 ; (2) 15 ; (3) 37,5 ; (4) 62,5 ; (5) 87,5.

Les types biologiques ont été déterminés en se référant aux travaux de RAUNKIAER (1934), repris et réadaptés aux régions tropicales (GUINKO, 1984 ; SAADOU, 1990). Pour la strate ligneuse, il s'agit essentiellement des Phanérophytes qui ont été subdivisés en Nanophanérophytes (NnPh), arbustes de 0,5 à 2 m de hauteur; Microphanérophytes (McPh), arbustes de 2 à 8 m de hauteur; Mésophanérophytes (MsPh), arbres moyens de 8 à 30 m de hauteur.

Les éléments phytogéographiques ont été définis en se référant à ceux définis par WHITE (1986) utilisés par plusieurs auteurs pour les phytochories africaines (MAHAMANE, 2005 ; INOUSSA, 2011). Il s'agit des :

- Espèces à large distribution : Cosmopolites (Cos) : espèces distribuées dans les régions tropicales et tempérées du monde ; Afro-Américaines (A) : 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'endémisme soudanien et zambézien ; Guinéo-Congolaises (GC) : espèces distribuées dans la région guinéenne ;
- Élément-base : Soudaniennes (S) : espèces largement distribuées dans le centre régional d'endémisme soudanien.

II. RESULTATS

2.1. Composition floristique des formations à *B. aegyptiaca*

Un total de 27 espèces ligneuses a été recensé. Ces espèces sont réparties en 23 genres et 14 familles. La famille la plus représentée dans l'ensemble des relevés effectués est celle de Fabaceae avec onze espèces soit 40,7%. Les familles des Combretaceae, Asclepiadaceae, Capparaceae avec chacune deux espèces soit 7,4%. Les autres familles sont représentées par une seule espèce. Il s'agit des : Balanitaceae, Anacardiaceae, Bignoniaceae, Rhamanaceae, Arecaceae, Malvaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Boraginaceae (Figure 2).

2.2. Spectres biologiques et phytogéographiques

La flore ligneuse des formations à *B. aegyptiaca* est dominée par les Microphanérophytes (74,07% du spectre brut et 96,7% du spectre pondéré) suivis des Mésophanérophytes et des Nanophanérophytes (Figure 3).

Sur le plan chorologique, l'analyse du spectre phytochorique des formations à *B. aegyptiaca* montre que les espèces Soudaniennes ont un spectre brut de 29,6%. Elles sont suivies par les espèces Paléotropicales avec un spectre brut de 22,2% et les espèces Pluri-régionales avec 18,51% (Figure 4). Cependant, en termes de dominance, ce sont les espèces Paléotropicales (62,26%) qui occupent la première place suivies des espèces Soudaniennes (30,93%).

2.3. Individualisation des groupements à *B. aegyptiaca*

Le dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante (CHA) des 141 relevés a permis de discriminer quatre groupements végétaux dans les formations à *B. aegyptiaca*

(Figure 5). Le niveau de définition des quatre groupements a été fixé à une dissimilitude de 25%. Les groupements obtenus sont les suivants :

- G1 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* ;
- G2 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis* ;
- G3 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* ;
- G4 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal*.

2.4. Influence des variables environnementales sur la distribution des groupements végétaux et des espèces

La synthèse de résultats de l'analyse canonique des correspondances (ACC) est consignée dans le tableau II. Les neuf variables environnementales expliquent à 67,4% la variance totale (inertie totale de 3).

La figure 6 présente l'ordination des groupements végétaux en fonction des variables environnementales sur la carte factorielle. En effet, le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis* se situent dans les systèmes sylvo-pastoraux, le sol à texture argilo-sableuse, la géomorphologie est marquée par la plaine et les dunes. Les relevés du groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* ont été effectués dans les agrosystèmes, le sol à texture sableuse à argileuse. Le test de Monte Carlo a montré que les variables d'occupation du sol (systèmes sylvo-pastoraux et agrosystèmes), la texture du sol ont un effet significatif sur la distribution des groupements végétaux ($P < 0,05$) (Tableau III).

L'analyse canonique des correspondances entre les espèces et les variables environnementales montre que les neuf variables déterminent un impact fort sur la structuration des espèces. La position centrale qu'occupe *B. aegyptiaca* sur le plan factoriel indique sa présence dans les différentes conditions environnementales décrites (Figure 7).

2.5. Diversité des groupements végétaux

La richesse spécifique est plus élevée dans le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* (G3) suivi du groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* (G4) (Tableau IV). Le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis* possède le plus faible nombre d'espèces (8 espèces ligneuses). L'indice de diversité de Shannon (H') le plus élevé est observé au niveau du groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* (G4) avec 2,61 bits suivi par le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* (G3) avec 1,67 bit.

Les coefficients de similitude de Jaccard (K) des groupements végétaux pris deux à deux sont présentés dans le tableau V. Il ressort de ce tableau que le groupement à *Balanites aegyptiaca*

et *Piliostigma reticulatum* (G3) et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* (G4) sont floristiquement les plus proches (K=56%) suivis par la combinaison groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* et groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* (47,61%). Les groupements qui s'éloignent floristiquement sont le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis* (G2) et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* (G3) (K=20,83%).

III. DISCUSSION

3.1. Groupements végétaux

L'étude des groupements végétaux constitue une importante source de données de base pour la conservation, l'aménagement et la gestion durable des écosystèmes même si, dans certains cas, l'interprétation écologique des groupements végétaux identifiés peut paraître difficile (SONKE, 1998 ; MAHAMANE, 2005 ; HAKIZIMANA, 2012). Les groupements végétaux individualisés dans les formations à *B. aegyptiaca* expliquent l'hétérogénéité spatiale des écosystèmes où vit cette espèce. Cette organisation spatiale hétérogène des ligneux des formations à *B. aegyptiaca* a été confirmée par les faibles valeurs de l'indice de Jaccard entre les groupements comparés deux à deux (K<50%). Toutefois, l'indice de Jaccard a montré une similarité entre le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal* (K>50%). Cela signifie que ces deux groupements sont floristiquement proches. En considérant les facteurs du déterminisme écologique (Types d'occupation des sols, texture et la géomorphologie), ces deux groupements végétaux sont régis par presque les mêmes variables environnementales. Cette hétérogénéité spatiale mise en évidence dans cette étude pourrait être la conséquence des activités humaines, car les groupements identifiés sont non seulement des formations naturelles pâturées mais aussi des agrosystèmes (champs et jachères). Selon plusieurs auteurs (BUREL et BAUDRY, 1999 ; CORDONNIER, 2004), les perturbations anthropiques ou même naturelles favoriseraient la coexistence des espèces en créant une hétérogénéité spatiale et temporelle et la diversité des écosystèmes.

3.2. Caractéristiques floristiques

Dans l'ensemble des groupements végétaux identifiés, 27 espèces ligneuses ont été recensées. Ce nombre d'espèces est proche de celui obtenu par GARBA *et al.* (2017) dans le bassin versant de la Maggia (région de Tahoua), par ABDYOU *et al.* (2016) dans les parcs à *Prosopis africana* de la région de Maradi et Zinder et par DIOUF (2011) en zone sahélienne du Sénégal (Ferlo, Nord Sénégal). Cependant, même si les nombres d'espèces sont proches, il existe une certaine différence par rapport à la composition floristique de ces milieux (espèces, genres,

familles). Dans la présente étude, la famille botanique dominante en termes d'espèces est celle des Fabaceae. Cette dernière est une caractéristique de la flore ligneuse des écosystèmes sahéliens. La prédominance de cette famille explique le caractère xérophytique de la végétation qui constitue une adaptation aux conditions climatiques sèches. Une forte fréquence des espèces de cette famille a été observée par plusieurs auteurs dans des zones éco-biogéographiques similaires à celle de la présente étude au Niger, au Sénégal, au Burkina Faso et au Tchad (ABDOURHAMANE *et al.*, 2013 ; NIANG *et al.*, 2014 ; SAWADOGO *et al.*, 2016 ; NGARNOUGBER *et al.*, 2017).

3.3. Diversité spécifique

Dans la présente étude, les groupements identifiés sont faiblement diversifiés avec des valeurs de l'indice de Shannon variant de 1,29 à 2,6 bits. Ces résultats sont similaires à ceux de MOUSSA et LARWANOU (2015) dans les parcs à *Faidherbia albida* et à *Prosopis africana* au Centre-Sud du Niger et ceux de BARMO *et al.* (2019) dans les groupements des parcs agroforestiers adjacents à la forêt protégée de Baban Rafi (Niger). Selon ORTH et COLETTE (1996), l'indice de Shannon a des valeurs fortes pour des écosystèmes dont les espèces présentent une équirépartition et il prend des valeurs faibles lorsque quelques espèces sont dominantes. On peut dire que dans les quatre groupements végétaux individualisés, quelques espèces présentent des fortes valeurs d'abondance-dominance telle que *B. aegyptiaca*. Les faibles valeurs de l'indice de Shannon ont été obtenues dans le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* et le groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis*. Ce résultat s'explique par la forte exploitation pastorale de ces groupements. TARHOUNI *et al.* (2007) ont démontré que le pâturage diminue significativement les indices de diversité avec la dominance d'un petit nombre d'espèces (H' faible). Bien que la présente étude s'intéresse essentiellement aux espèces ligneuses, le surpâturage pourrait agir négativement sur la production des semences, la germination et la survie des jeunes plantules des essences sensibles aux piétinements et au pâturage.

3.4. Types biologiques et phytogéographiques

Les spectres brut et pondéré des types biologiques sont largement dominés par les Microphanérophytes. Ces résultats corroborent les travaux antérieurs (SAIDOU *et al.*, 2015 ; ALHASSANE *et al.*, 2018 ; ABASSE *et al.*, 2019) qui ont également mis en évidence la dominance des Microphanérophytes dans leurs zones d'étude. La dominance des Microphanérophytes est la conséquence de la faiblesse de précipitation observée dans l'ensemble de la zone d'étude. En zone aride, les plantes de cette forme de vie 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 évapotranspiration (ABASSE *et al.*, 2019). Ceci est le cas de *B. aegyptiaca*, l'espèce caractéristique de ces formations étudiées (ABDOU *et al.*, 2019).

Les spectres phytogéographiques montrent une prédominance des espèces à large distribution. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs ayant étudié la végétation au Niger (SOUMANA, 2011 ; KARIM, 2013 ; ABDOURAHAMANE, 2016). Ces mêmes auteurs ont montré que la présence des espèces de ces types phytogéographiques dans la végétation est un indicateur de la dégradation des écosystèmes.

CONCLUSION

Ce travail a permis d'examiner les caractéristiques phytoécologiques des formations naturelles à *B. aegyptiaca*. Les investigations ont permis de recenser 27 espèces ligneuses appartenant à 23 genres et 15 familles. 40,7% des espèces appartiennent à la famille des Fabaceae. Par ailleurs, quatre groupements végétaux ont été identifiés. Une forte relation a été mise en évidence entre les variables environnementales et la distribution des groupements. L'indice de diversité montre que les groupements végétaux sont faiblement diversifiés. L'analyse des formes biologiques montre une proportion importante des Microphanérophytes caractéristiques des conditions climatiques sèches et les types phytogéographiques sont dominés par les espèces Soudaniennes et les Paléotropicales. Cette étude a montré le large spectre écologique de *B. aegyptiaca* particulièrement sa cohabitation avec d'autres espèces des zones arides. Il est souhaitable d'installer des dispositifs de suivi écologique de la dynamique de la diversité biologique au sein des groupements végétaux identifiés et de tenir compte des interactions de *B. aegyptiaca* avec les espèces herbacées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Université de Diffa pour les appuis multiformes. Ils remercient également le personnel de la Direction départemental de l'Environnement de Damagaram Takaya pour l'assistance technique lors de la collecte des données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABASSE T., RABIOU H., MOUSSA M., SOUMANA I., KOUYATE A., MAHAMANE A., 2019. Influence du gradient agroécologique sur la diversité et distribution des ressources ligneuses en zones sahélienne et soudanienne du Niger. *Afrique science*, 15(6) :335–348.
- ABDOU H. M. K., RABIOU H., ABDOU L., ABDOURAHAMANE I. S., SANOUSSI I. A. Z., SOUMANA A., MAHAMANE A., 2019. Germination et croissance des plantules

- d'une espèce fruitière indigène au Niger : *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13(2) : 693-703.
- ABDOU H. M. K., RABIOU H., ABDOU L., IBRAHIM M. M. ET MAHAMANE A., 2020. Connaissances ethnobotaniques et importance socioculturelle de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans le Centre-Est du Niger. *Afrique Science*, **16**(4) : 239-252.
- ABDOU L., MOROU B., ABASSE T., MAHAMANE A., 2016. Analysis of the Structure and Diversity of *Prosopis africana* (G. Et Perr.) Taub. Tree Stands in the Southeastern Niger. *Journal of Plant Studies*, 5(1): 58-67.
- ABDOURHAMANE H., 2016. Etude floristique, écologique, phytosociologique et ethnobotanique des forêts classées de Dan Kada Dodo et de Dan Gado au Niger. Thèse de doctorat, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, 174p.
- ABDOURHAMANE H., MOROU B., RABIOU H., MAHAMANE A., 2013. Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger : cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(3) : 1048-1068.
- ALHASSANE A., CHAÏBOU I., KARIM K., SOUMANA I., MAHAMANE A. ET SAADOU M., 2018. Flore et structure des peuplements ligneux des pâturages naturels de la région de Maradi, Niger. *Afrique Science*, 14(5): 171-189.
- BAGGNIAN I., ABDOU L., YAMEOGO J. T., MOUSSA I., ADAM T., 2018. Étude ethnobotanique des plantes médicinales vendues sur les marchés du centre ouest du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 132: 13392- 13403.
- BALLA A., BARAGE M., LARWANOU M. ET ADAM T., 2008. Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, N°59 : 1-7.
- BARMO S., AMANI I., SOUMANA I., ICHAOU A., KARIM S., MAHAMANE A., 2019. Structure et diversité des parcs agroforestiers adjacents à la forêt protégée de Baban Rafi, Niger-Afrique de l'Ouest. *Afrique Science*, 15(2) : 166-185.
- BRAUN-BLANQUET J. 1932. *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. McGray Hill Edition: New York, London. 439p.
- BUREL F. et BAUDRY J., 1999. *Ecologie du paysage : Concepts, méthodes et Applications*. Technique et Documentation, Paris, 359 p.
- CORDONNIER T. 2004. Disturbance, diversity and permanence of structures in forest ecosystems. Life Sciences [q-bio]. ENGREF (AgroParisTech), English. <NNT: 04ENGR0010>. <pastel00000909>.

- DIOUF J. C., 2011. Dynamique du peuplement ligneux au Ferlo (Nord-Sénégal), conséquences et perspectives pour une gestion durable. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 263p.
- DUFRENE M. ET LEGENDRE P., 1997. Species assemblages and indicators species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, p 345-366.
- GANABA S., OUADBA J. M. ET BOGNOUNOU O., 2005. Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région sahélienne du Burkina Faso. *VertigO*, 6(2) : 1-14.
- GARBA A., DJIMA I. T., ABDOU L., MAHAMANE A., 2017. Caractérisation de la végétation ligneuse du bassin versant de la Maggia dans la commune rurale de Bagaroua (région de Tahoua). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(2): 571-584.
- GUINKO. S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux III : 2 tomes: 394p.
- HAKIZIMANA P., 2012. Analyse de la composition, de la structure spatiale et des ressources végétales naturelles prélevées dans la forêt dense de Kigwena et dans la forêt claire de Rumonge au Burundi. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 247p.
- HIGGINS I. S., SHACKLETON M. C., ROBINSON R. E., 1999. Changes in woody community structure and composition under contrasting landuse systems in semi-arid savanna, south Africa. *Journal of Biogeography*, 26 : 619-627.
- HUANG W., POHJONEN V., JOHANSSON S., NASHANDA M., KATIGULA M. I. L., LUUKKANEN O., 2002. Species diversity, forest structure and species composition in Tanzanian tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 5860 : 1-14.
- INOUSSA M. M., 2011. Dynamique des forêts claires dans le parc national du W du Niger. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 93p.
- 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, Université Abdou Moumouni de Niamey, 175p.
- LARWANOU M., 2005. Dynamique de la végétation dans le domaine sahélien du Niger occidental suivant un gradient d'aridité : rôles des facteurs écologiques, sociaux et économiques. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 186p.
- LYKKE A. M., 1998. Assessment of species composition change in savannas vegetation by means of woody plants size class distribution and local information. *Biodiversity and Conservation*, 7 : 1261-1275.

- MAHAMANE A., 2005. Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 443p.
- MAHAMANE A., SAADOU M. ET LEJOLY J., 2007. Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc National du « W » (Niger). *Sécheresse*, 18 (4) : 354- 358.
- MCCUNE B. ET GRACE J. B., 2002. Analysis of ecological communities. Glenden Beach, Oregon: MJM Software Design, p 300.
- MOUSSA M. ET LARWANOU M., 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du Centre-Sud Nigérien. *Journal of Applied Biosciences*, 94:8890-8906.
- NGARNOUGBER C., NGARYO F. T., ADAMOU I., 2017. Caractérisation des ligneux de la savane sahéenne à *Acacia senegal* (L) Willd dans la région du Guéra, Tchad. *International Journal of Applied Research*, 3(4): 600-606.
- NIANG K., NDIAYE O., DIALLO A., GUISSÉ A., 2014. Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, nord Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 79 : 6938-6946.
- ØKLAND R. H. et EILERTSEN O., 1994. Canonical correspondence analysis with variation partitioning: some comments and an application. *Journal of Vegetation Science*, 5 : 117-126.
- ORTH D. et COLETTE M. G., 1996. Espèces dominantes et biodiversité : Relation avec les conditions édaphiques et les pratiques agricoles pour les prairies des marais du cotentin. *Ecologie*, 27 (3) : 171-189.
- PIÉLOU E. C., 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, **10** : 370-383.
- RAUNKIAER C., 1934. The life-forms of plants and plant geography. Oxford University Press, London, 632p.
- SAADOU M., 1990. Végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Université de Niamey, 395p.
- SAIDOU O., FORTINA R., MARICHATOU H. ET YENIKOYE A., 2015. Diversité, structure et régénération de la végétation ligneuse de la Station Sahéenne Expérimentale de Toukounous, Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(2) : 910-926.
- SAWADOGO O. M., OUATTARA K., PARE S., OUEDRAOGO I., SAWADOGO-KABORE S., BARRON, J., ZOMBRE N. P., 2016. Structure, composition spécifique et

- diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso. *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16 (1).
- SONKE B., 1998. Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 256 p.
- SOUMANA I., 2011. Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégie d'exploitations développées par les éleveurs Uda'en. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, 222p.
- TARHOUNI M., BEN SALEM F., BELGACEM A. O., BELGACEM H., NEFFATI M, 2007. Variation de la richesse floristique en fonction du gradient de pâturage au voisinage de points d'eau en Tunisie présaharienne *Sécheresse*; 18 (4) : 234-9.
- TER BRAAK C. J. F., SMILAUER P., 2002. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4), Microcomputer Power (Ithaca, NY USA), 352 p.
- WHITE F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco / AETFAT / UNSO, ORSTOM / UNESCO, 384 p.

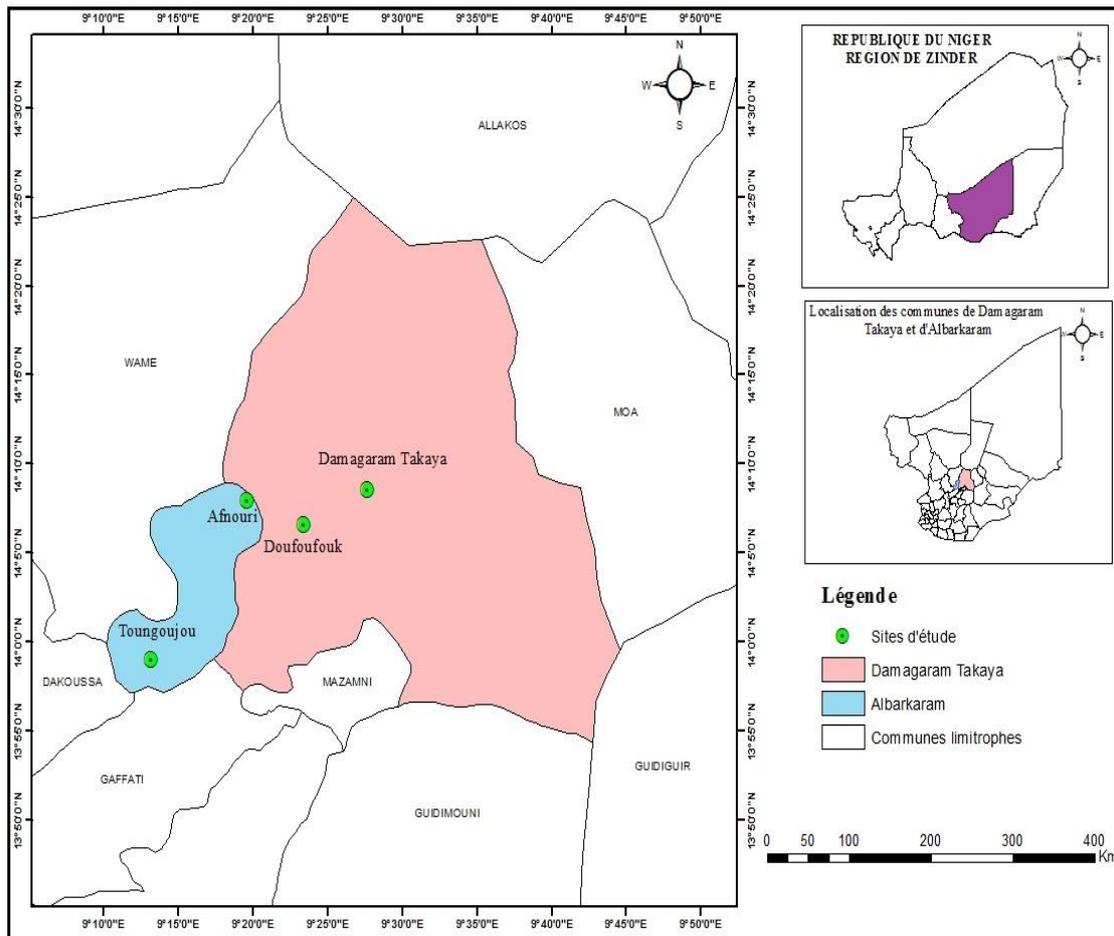


Figure 1 : Localisation des communes et sites d'étude.

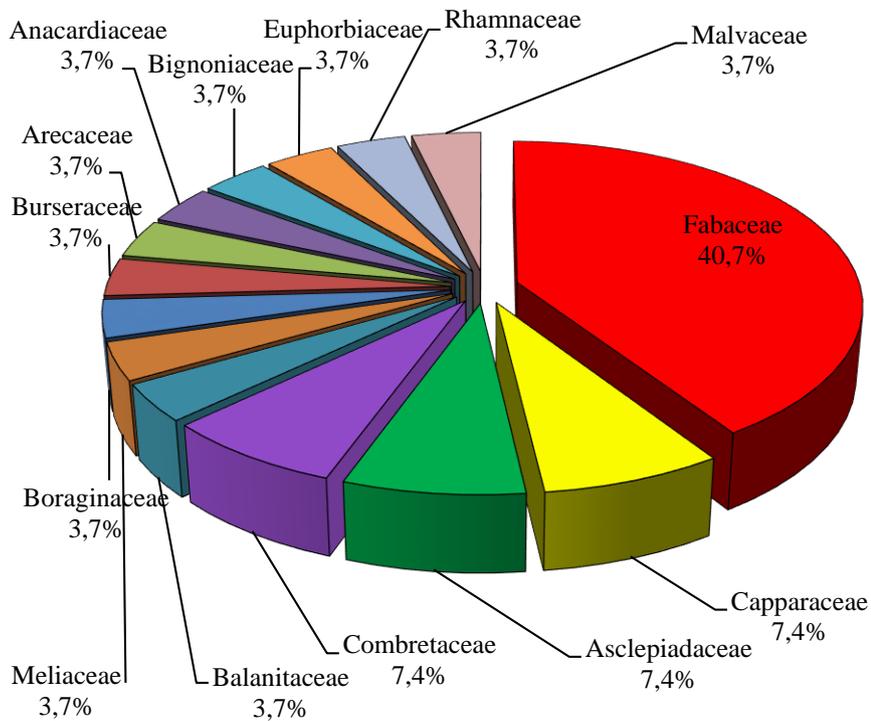
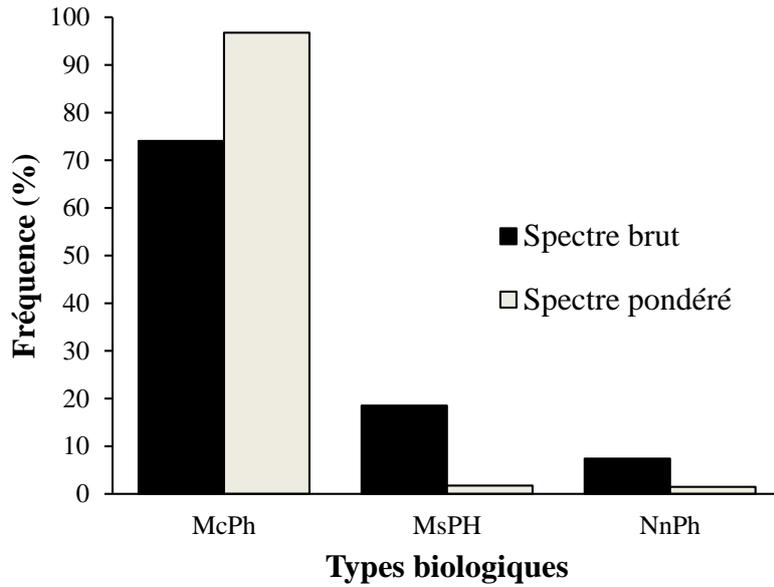
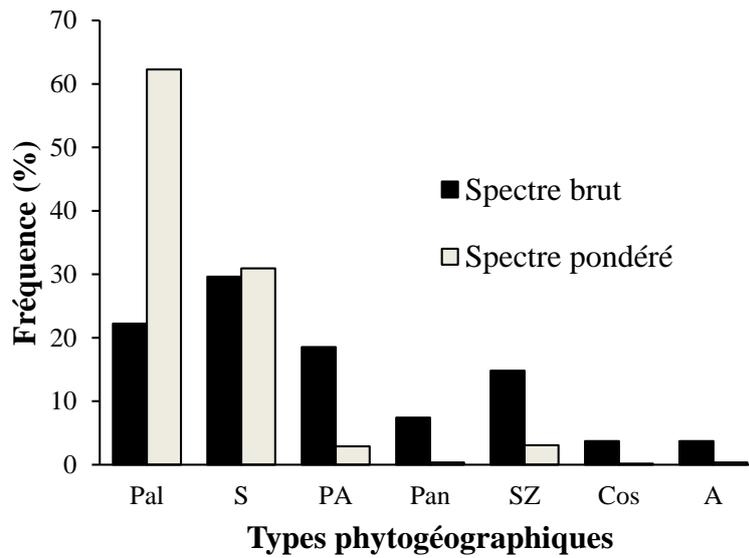


Figure 2 : Fréquence des familles des espèces ligneuses recensées.



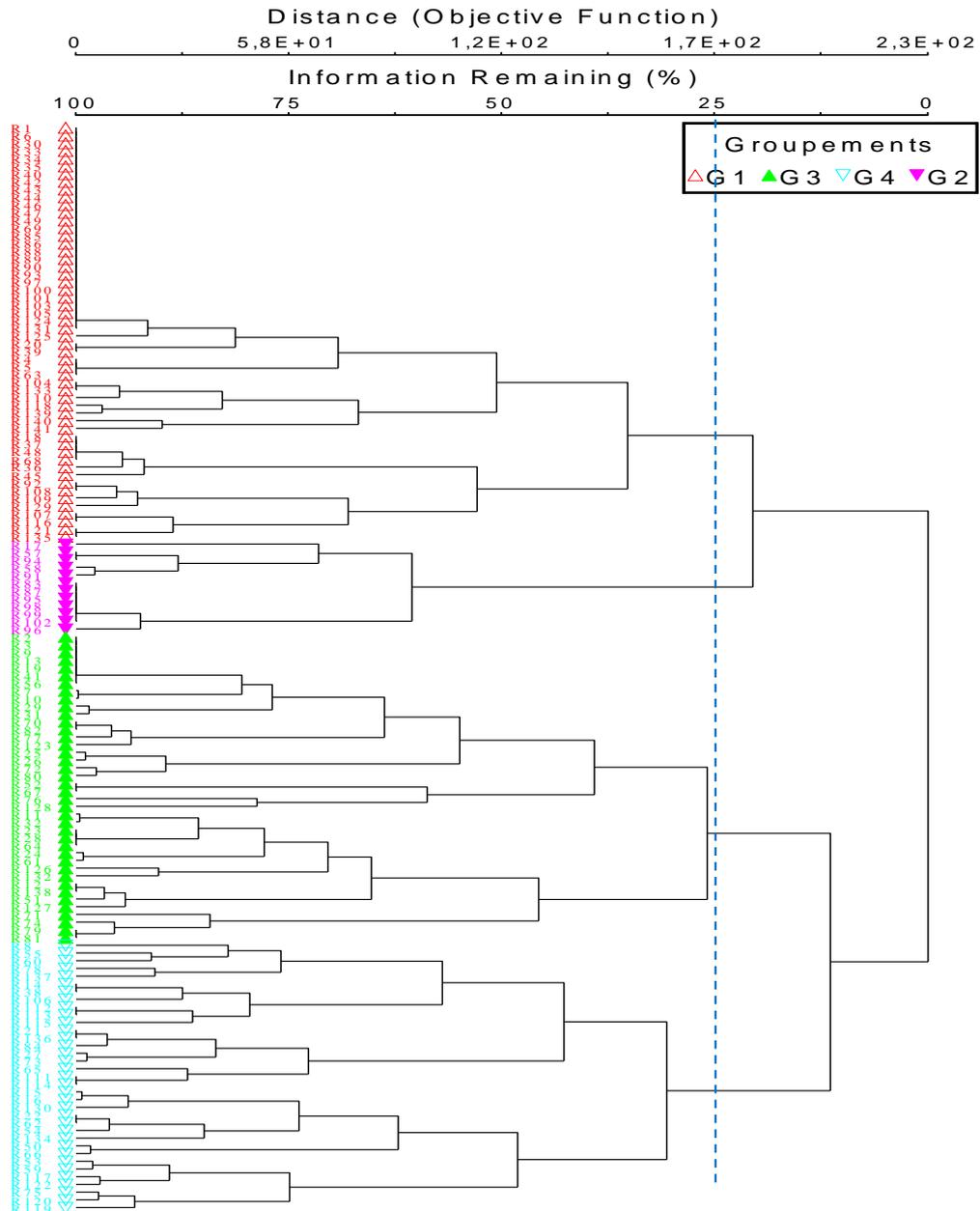
McPh : Microphanérophytes ; MsPh : Mésophanérophytes ; NnPh : Nanophanérophytes

Figure 3 : Spectres des types biologiques.



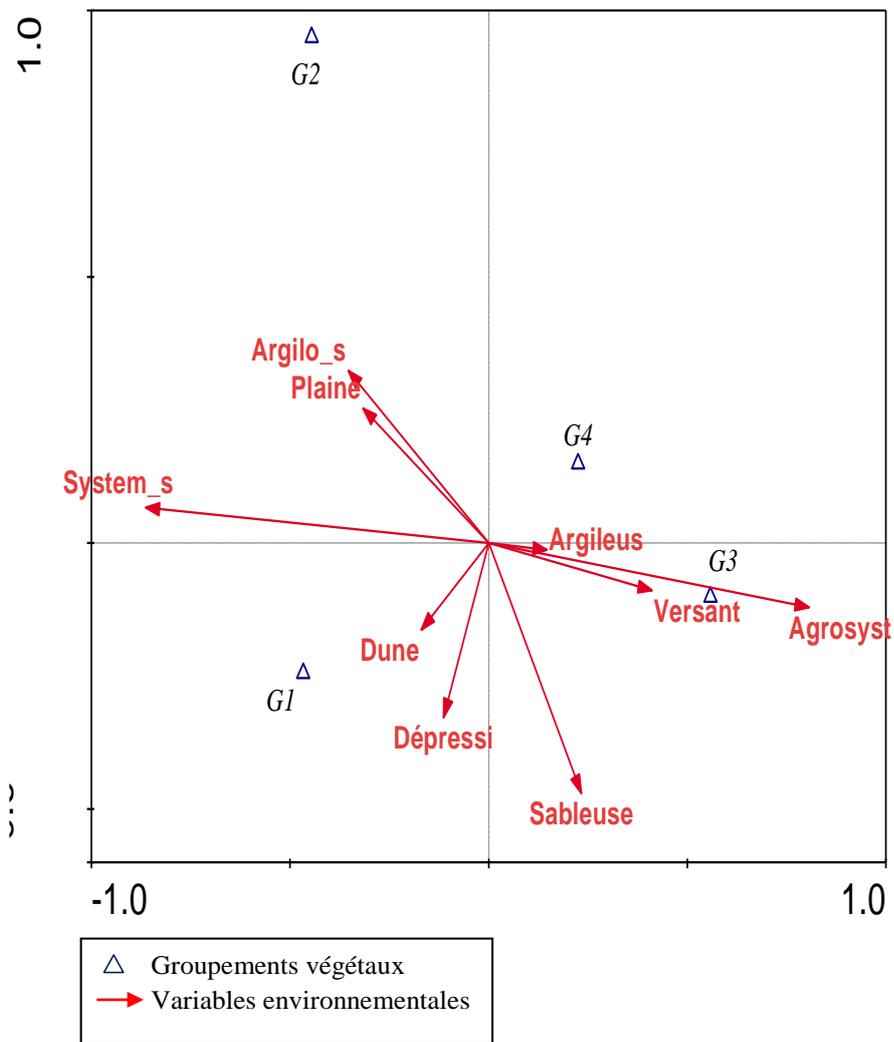
Pal : Paléotropical ; S : Soudaniennes ; PA ; Pluri-régionales, Pan : Pantropicales ; SZ : Soudano-Zambéziennes ; Cos : Cosmopolites ; A : Afro-Américaines

Figure 4: Spectres des types phytogéographiques.



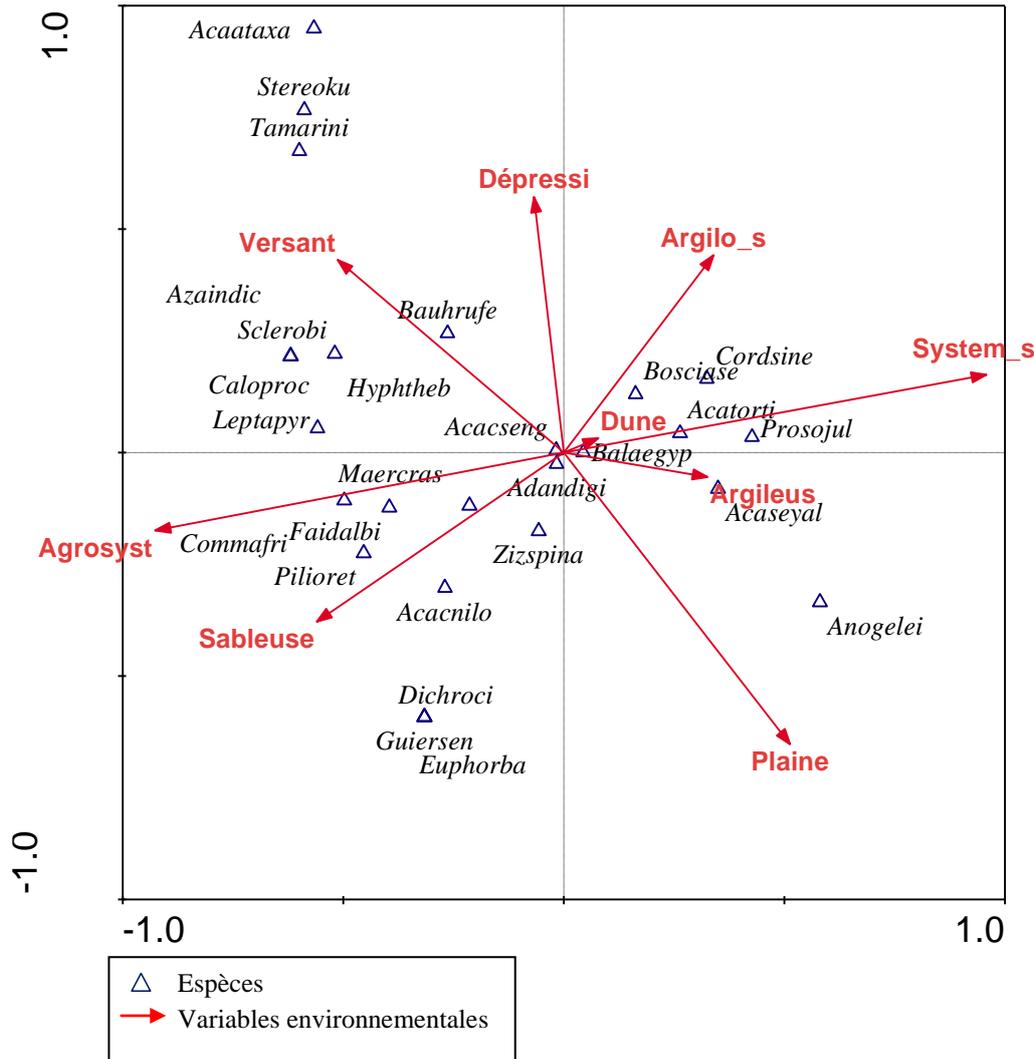
G1 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia tortilis* ; G2 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Cordia sinensis* ; G3 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Piliostigma reticulatum* ; G4 : groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia senegal*.

Figure 5 : Dendrogramme des groupements végétaux des formations à *B. aegyptiaca*.



Agrosyst : Agrosystème ; Dépressi : Dépression ; Argilo_s : argilo-sableuse ; System_s : système sylvopastoraux

Figure 6 : Analyse canonique des correspondances des groupements végétaux identifiés et des variables environnementales.



Agrosyst : Agrosystème ; Dépressi : Dépression ; Argilo_s : argilo-sableuse ; System_s : système sylvopastoraux ; Balaegyp : *Balanites aegyptiaca* ; Acacnilo : *Acacia nilotica* ; Anogelei : *Anogeissus leiocarpus* ; Bauhruf : *Bauhinia rufescens* ; Bosciase : *Boscia senegalensis* ; Faidalbi : *Faidherbia albida* ; Guiersen : *Guiera senegalensis* ; Dichroci : *Dichrostachys cinerea* ; Zizspina : *Ziziphus spina-christi* ; Acatorti : *Acacia tortilis* ; Prosojul : *Prosopis juliflora* ; Acaseyal : *Acacia seyal* ; Adandigi : *Adansonia digitata* ; Commafri : *Commiphora africana* ; Euphorba : *Euphorbia balsamifera* ; Pilioret : *Piliostigma reticulatum* ; Maercras : *Maerua crassifolia* ; Caloproc : *Calotropis procera* ; Leptapyr : *Leptadenia pyrotechnica* ; Azaindic : *Azadirachta indica* ; Sclerobi : *Sclerocarya birrea* ; Hyphtheb : *Hyphaene thebaica* ; Tamarini : *Tamarindus indica* ; Stereoku : *Stereospermum kunthianum* ; Acaataxa : *Acacia ataxacantha* ; Acacseng : *Acacia senegal* ; Cordsine : *Cordia sinensis*.

Figure 7 : Analyse canonique des correspondances des espèces ligneuses recensées et des variables environnementales.

Tableau I : Répartition du nombre des relevés par sites et types d'occupation des terres.

Types d'occupation de sol	Sites				Total
	D. Takaya	Doufoufouk	Afnouri	Toungoujou	
Agrosystème	17	18	13	21	69
Système sylvopastoral	15	19	21	17	72
Total	32	37	34	38	141

Tableau II : Valeurs propres et pourcentage de variance expliquée par les quatre premiers axes de la CCA.

Axes	1	2	3	4	Inertie totale
Valeurs propres	0,273	0,149	0,016	0,009	3,000
Pourcentage de variance expliquée (%)	9,1	14	14,6	7,4	
Pourcentage cumulatif de variance expliquée (%)	19,8	96,4	55,0	67,4	

Tableau III : Résultats du test de Monte-Carlo

Variables environnementales	P-value	F-ratio	Permutation
Systèmes_sylpostastoraux	0,0020	4,87	499
Plaine	0,0040	1,75	499
Dépression	0,2780	1,22	499
Sableuse	0,0420	1,35	499
Argileuse	0,5180	0,95	499
Argilo_sableuse	0,0300	1,49	499
Agrosystèmes	0,0030	3,24	499
Versant	0,9560	0,08	499
Dune	0,4170	0,85	499

Tableau IV : Indices de diversité biologique des groupements végétaux.

	G1	G2	G3	G4
Richesse spécifique	13	8	21	18
Shannon (H'en bits)	1,29	1,57	1,67	2,61
Diversité maximale (Hmax)	3,7	3	4,39	4,16
Equitabilité de Piélou	0,35	0,52	0,38	0,62

Tableau V: Coefficients de Jaccard (%) des groupements végétaux pris deux à deux.

	G1	G2	G3	G4
G1	100			
G2	31,25	100		
G3	41,66	20,83	100	
G4	47,61	36,84	56	100