

Effet des arbres sur la diversité de la végétation herbacée dans les parcours communautaires du Nord - Sénégal (Afrique de l'Ouest)

L. - E. Akpo

*Faculté des Sciences & Techniques, Laboratoire d'Ecologie & d'Eco - hydrologie
FST/UCAD, Université Cheikh Anta Diop, BP 5 005, Dakar, Sénégal,
e-mail : leonard.akpo@ucad.edu.sn*

M. Grouzis

Mission IRD, Route de Ambohipo, BP 434, Antananarivo 101, Madagascar

Resumé : La composition spécifique des pâturages herbacés a été établie sous et hors des arbres de *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Zizyphus mauritiana* en région sahélienne du Nord - Sénégal, à partir des inventaires de la flore et des relevés de végétation. Ils ont été soumis à différentes méthodes d'analyse multivariée (AFC, ANOVA, Comparaison de moyennes...). Les résultats ont permis de distinguer nettement les relevés effectués sous les arbres de ceux de la zone hors des arbres ; il existe ainsi un effet couvert. Celui-ci est comparable quels que soient l'espèce ligneuse, le type de sol et/ou de parcours. L'effet arbre est associé à un cortège floristique composé d'espèces dites « *exclusives* », des espèces indifférentes ou des espèces « *communes* » aux différents biotopes. Le nombre d'espèces indicatrices du couvert des arbres ou espèces sciaphiles est nettement plus élevé que celui des espèces héliophiles. La richesse spécifique est ainsi significativement plus importante sous l'arbre.

Mots - clés : relations Arbre/ Herbe, pâturages herbacés, couvert ligneux, profils écologiques, richesse spécifique, Ferlo, Sénégal

Introduction

Les savanes couvrent des millions de km², principalement en Afrique, en Amérique du Sud, en Australie ; ce sont des écosystèmes naturels où coexistent une strate herbacée continue et une strate ligneuse plus ou moins discontinue.

Elles occupent une place économique importante, notamment sur le plan de l'agriculture et de l'élevage, pastoral en particulier.

Au Sahel, c'est la zone d'élevage par excellence ; ces écosystèmes représentent ainsi des terres de parcours, qui sont à la base de l'alimentation des animaux domestiques et sauvages. De nombreuses études consacrées à ces écosystèmes ont porté sur la caractérisation soit de la végétation herbacée (Bille, 1977; De Vrie & Djitéye, 1982) soit de la végétation ligneuse (Poupon, 1980 ; Toutain *et al.*, 1983). Elles n'ont alors pas tenu compte des relations entre l'arbre et l'herbe, dans un milieu où les deux composantes interviennent dans l'équilibre du milieu et la survie du bétail. La végétation ligneuse fournit non seulement du fourrage aérien, qui constitue parfois l'essentiel de l'aliment du bétail en période de soudure (Le Houérou, 1980), mais aussi de l'ombrage (Akpo et Grouzis, 1996). L'arbre sert aussi de perchoirs pour différentes espèces d'oiseaux et/ou d'aire de repos pour les animaux (Tréca *et al.*, 1996).

Le travail entrepris porte sur les relations Arbre/Herbe en milieu sahélien; il étudie plus particulièrement l'influence de l'arbre sur la diversité des espèces herbacées dans la réserve sylvo-pastorale du Ferlo au Nord-Sénégal.

Matériel et méthodes d'étude

Ferlo, dans le Nord - Senegal

L'étude a été menée dans le Nord - Sénégal, principalement dans les Réserves sylvo - pastorales ou parcours communautaires, situées dans la région naturelle dite Ferlo (Figure 1).

Ferlo appartient aux formations sableuses dunaires du Continental terminal. Le climat est tropical sec de type sahélien, caractérisé par :

- des valeurs de température moyennes annuelles de 28,6°C ;
- des valeurs de température moyennes mensuelles minimale de 14,1°C (janvier) et maximale de 40,4°C (mai) ;
- des précipitations sont faibles ; la pluviométrie moyenne est de 282 mm à la station de référence (Dagana) avec un coefficient de variation de 37%. Dagana est ainsi caractérisé par un déficit pluviométrique persistant (Akpo, 1997). La période des pluies, qui s'étend de juin à octobre, permet de distinguer classiquement deux saisons dans l'année : une saison sèche ($P_{mm} < 0,35$ ETP) de 9 mois (octobre à mai) et une saison des pluies ($P_{mm} > 0,35$ ETP) de 3 mois. Le bilan climatique indique une période biologiquement humide de 60 jours environ.

La végétation est une steppe arbustive plus ou moins lâche (Le Houerou, 1989)

composée d'arbres épineux, d'arbustes et d'herbes annuelles. Le couvert ligneux est de 30% (Akpo & Grouzis. 1996). La strate herbacée, sous la forme d'un tapis plus ou moins continu pouvant atteindre 50 cm à 1 m de hauteur, est dominée par des espèces annuelles, notamment des graminées, généralement à limbes étroits, plies ou enroulés (*Schoenefeldia gracilis*, *Aristida* sp., *Cenchrus* sp., *Chloris* sp.).

Les caractéristiques de la flore et de la végétation pastorales

Les paramètres de diversité envisagés sont la composition, la distribution et les fréquences de présence et/ou d'absence des espèces du tapis herbacé. Ils ont été établis à partir des inventaires floristiques et des relevés de végétation sous et hors arbre, au niveau de quatre principaux types de parcours. Ces parcours, retenus sur la base de la carte des pâturages naturels du Nord-Sénégal établie par Valenza & Diallo (1972) sont présentés ci-dessous:

- le parcours à *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Adenium obesum* (Forssk.) Roem. et *Aristida funiculata* Trin. et Rupr., sur sols squelettiques dans les dépressions ou parcours G8A ;

- le parcours à *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., sur sols sableux à argilo-sableux sur pénéplaine haute ou sommets aplanis de l'erg ancien ou parcours PS4 ; - les parcours PA1 et PA4, à *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne *raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. et *Schoenefeldia gracilis* Kunth dans les vallons et couloirs interdunaires de l'erg ancien (PA1) ou récent (PA4).

Communément dénommés parcours G8A, PS4, PA1 et PA4 par Valenza et Diallo (*op. cit.*), ces terres représentent environ 35% des parcours communautaires du Nord - Sénégal, qui sont par ailleurs étroitement liés aux conditions morphopédologiques. Ces appellations seront conservées et utilisées dans la suite de la présentation.

Un couple de relevés - nombre impair (sous arbre ou sous couvert -SC-) et nombre pair (zone découverte ou hors couvert -HC-) - caractérise un site. Chaque élément du site a donc été utilisé pour définir les biotopes sous et hors couvert.

La composition floristique est établie pour chaque élément des sites sous et hors couvert ligneux (ou biotope) à partir d'un échantillonnage constitué de 110 relevés dont 70 SC et 40 HC répartis dans les principaux types de parcours (Tableau 1). Nous avons utilisé la méthode des relevés phytoécologiques (Godron *et al.*, 1983). Le nombre de relevés SC est plus élevé que celui HC car un relevé HC a servi parfois de témoin à 2 ou 3 relevés SC.

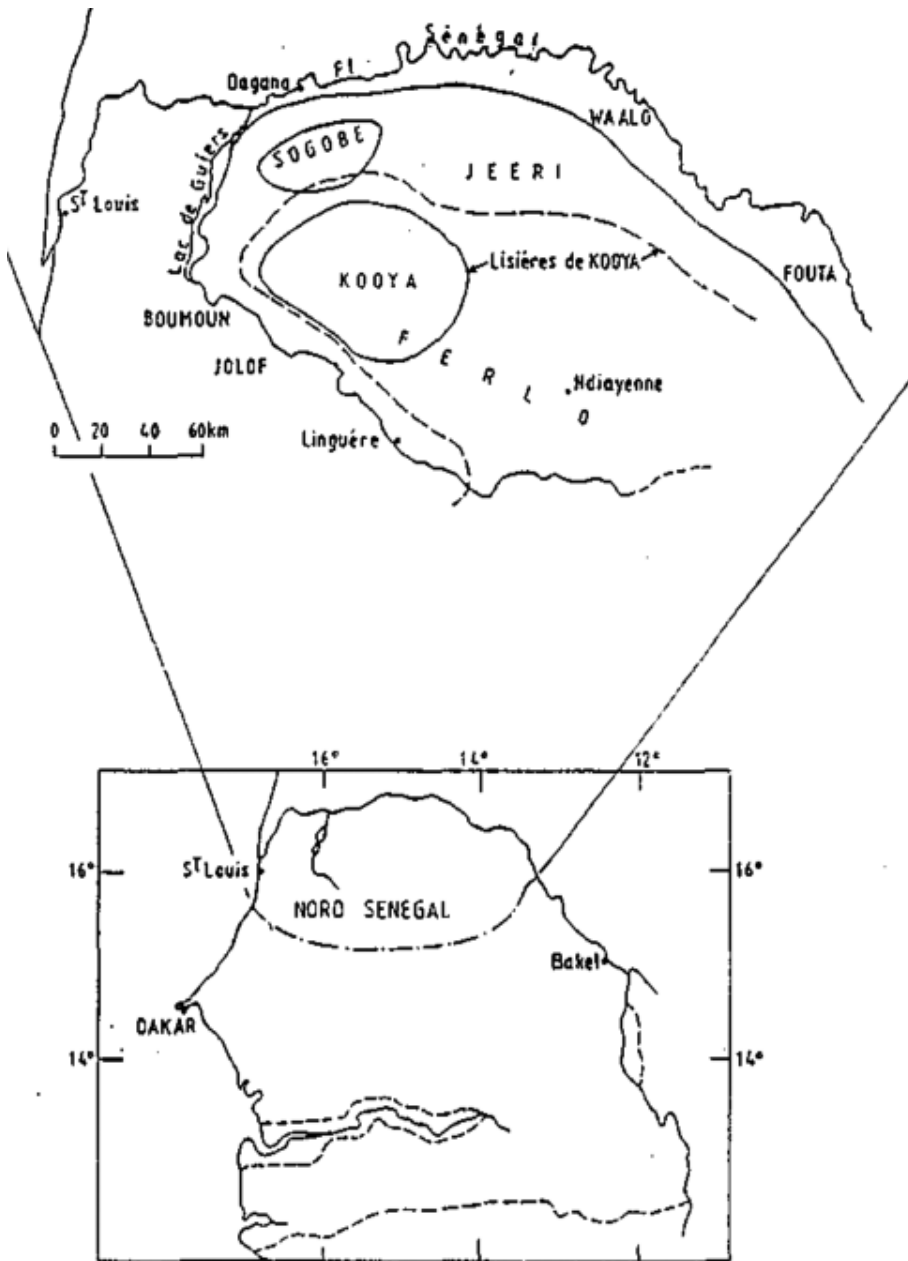


Figure 1 - La zone d'étude: cartes de situation

Tableau 1 - Répartition des placettes d'inventaire floristique et de relevés de végétation en fonction des biotopes et des parcours

	Pal	Pa4	G8a	TOTAL
<i>Acacia raddiana</i>	10	09	-	19
<i>Balanites aegyptiaca</i>	10	05	15	30
<i>Ziziphus mauritiana</i>	-	06	-	06
Hors couvert	11	13	10	34
TOTAL	31	33	25	89

Le biotope couvert a été retenu en tenant compte des principales espèces ligneuses du Ferlo. Ainsi trois espèces ligneuses ont été retenues; ce sont *Acacia raddiana* et *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*. Des espèces ligneuses, autrefois fortement représentées (*Sclerocarya birrea*) n'ont pas été rencontrées ; elles auraient disparu avec les vagues de sécheresses.

Le rayon moyen du couvert des arbres est de 4 m (Akpo, 1993). L'aire d'une placette d'inventaire correspond à la projection verticale du houppier au sol, soit une surface circulaire de 50 m². Celle-ci est parcourue à partir d'un point quelconque mais nettement repérable. Toutes les espèces présentes sont inventoriées et leur importance est estimée sur la base du recouvrement (échelle de 0 à 100%).

Les échantillons botaniques sont identifiés par nous sur le terrain ou en laboratoire à l'aide du Catalogue des plantes vasculaires (Lebrun, 1973) et de la Flore (Berhaut, 1967) du Sénégal. Les dénominations ont été actualisées sur la base d'ouvrages récents (Lebrun & Stork, 1991, 1992, 1995, 1997).

L'expression des données

Pour identifier les relevés réalisés dans les biotopes couverts de ceux des milieux découverts, nous avons utilisé l'analyse factorielle de correspondance (progiciel BIOMECA, Praxème /CNRS). Cette méthode vise à résumer l'information mathématiquement homogène contenue dans un tableau rectangulaire de données, tout en décomposant en facteurs hiérarchisés qui en contiennent chacun une part. Elle utilise la métrique de χ^2 , qui s'obtient en pondérant les données par les effectifs des lignes et des colonnes: ceci permet de rendre lignes et colonnes comparables et de les représenter sur un même graphique (Lacoste & Roux, 1972). L'analyse de correspondance a été utilisée ici dans des tableaux de recouvrement des espèces, évalué sur une échelle de 0 à 100.

Les préférences écologiques des espèces ont été ensuite définies en utilisant les techniques d'analyse fréquentielle proposées par Daget et Godron (1982) pour corriger les écarts de profils des espèces.

Ces techniques sont basées sur l'élaboration par espèce et pour le facteur étudié d'un profil de présences (en valeurs absolues) ; c'est le profil de fréquences corrigées. On réalise ainsi des profils comparables à partir de la distribution des fréquences de présence des espèces sous l'arbre et dans la zone découverte.

Resultats

La distribution de la strate herbacée sous et hors couvert

L'analyse a d'abord porté séparément sur les relevés relatifs à chacune des espèces assurant le couvert d'une part, sur les relevés des différents parcours d'autre part et enfin sur l'ensemble des relevés afin de mettre en évidence l'effet de l'arbre sur la végétation herbacée et vérifier ensuite si cet effet est généralisable. L'analyse factorielle de correspondance (AFC) a alors été appliquée successivement à 3 groupes de matrices relevés/espèces.

Le premier groupe est constitué des matrices relevés/espèces 31 x 67 et 50 x 76 pour les deux principales espèces ligneuses (*Acacia raddiana* et *Balanites aegyptiaca*).

Le second concerne les matrices relevés/espèces 33 x 65, 31 x 51, 25 x 63 et 21 x 61 pour les différents parcours (PA4, PA1, G8A et PS4 respectivement), qui sont mises ensemble pour constituer le 3^{ème} groupe. Les résultats des différentes AFC sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 - Variation des valeurs propres et inertie (%) des axes de 1^{ère} AFC appliquée aux relevés de végétation réalisés sous et hors couvert dans les différents types de parcours au Ferlo du Nord - Sénégal

AXES	F1	F2	F1+F2	F3	F4	TOTAL	TRACE
<i>A. raddiana</i>	24,0	14,1	38,1	7,6	5,6	51,3	3,27
<i>B. aegyptiaca</i>	18,5	10,3	28,8	8,5	7,7	47,2	2,68
Pal	31,2	14,3	45,5	9,4	8,3	63,2	2,38
Pa4	24,6	11,8	36,4	8,6	8,5	53,5	2,53
G8a	24,9	13,8	38,6	13,4	8,3	60,1	2,09
Ps4	39,2	15,6	54,8	6,4	5,5	66,7	2,16
DITTON	24,4	10,8	35,2	7,7	6,9	49,8	2,59

A l'échelle de l'espèce ligneuse assurant l'ombrage

L'information contenue dans les tableaux de données (trace) est plus élevée dans le tableau de données collectées sous *A. raddiana* que sous *B. aegyptiaca* (3,27 et 2,68 bits respectivement).

La variance portée par chacun des axes factoriels est aussi variable selon l'espèce ligneuse : 38,1 et 45,7% environ sont portées par le plan principal (plan des axes F1 x F2) et les 3 premiers axes factoriels (Tableau 2 : colonne 4) sous *A. raddiana*. Il n'y a que 28,8 et 37,3% respectivement dans le tableau de données collectées sous *B. aegyptiaca*. Les valeurs de l'information portées par les axes F3 et F4 sont toutefois plus élevées sous *Balanites* : 8,5 et 7,7% contre 7,6 et 5,6% sous *Acacia*.

On constate que l'information est essentiellement contenue dans le premier plan factoriel (axes FI et F2) : 38,1 et 28,8% respectivement pour *A. raddiana* et *B. aegyptiaca*. C'est sur ce plan que nous établirons l'essentiel de l'analyse.

Considérons le couvert de Acacia raddiana

La moyenne des contributions des observations ou relevés est de 3,2%. Ainsi on retiendra les relevés suivants: 103(4,5)¹; 113(4,2) ; 35 et 93(4) et 95(3,5) dans les abscisses positives et 102(6,4) ; 82(5,5) ; 90(5,3) ; 110(5,2) ; 2(5) ; 78(4,7) et 16(4) pour les abscisses de l'axe FI ; 12 et 36(10,9) ; 96(6,3) ; 26 et 32(5,2) ; 30(5) ; 28 ; 82 et 102 (4) pour l'axe F2. Les valeurs indiquent clairement que les axes FI et F2 sont surtout décrits par les relevés de nombres pairs.

L'examen de la figure 2 permet de noter une opposition le long de l'axe horizontal (axe FI) des relevés de nombre impair (abscisses négatives) à ceux de nombre pair (abscisses positives). Le premier groupe rassemble les relevés des milieux découverts (HC) tandis que le second groupe correspond aux relevés effectués dans l'aire de projection verticale du houppier de l'arbre au sol (sous arbre : SC).

L'axe FI permet de discriminer ainsi les relevés HC de ceux SC. L'axe FI peut alors être interprété comme représentant le facteur éclaircement.

L'axe vertical (ou axe F2) distingue plus ou moins nettement des ordonnées négatives vers les ordonnées positives trois groupes de relevés dans les deux biotopes ; ce sont les relevés de sommet de dunes ou de replat et de versants ou pente. Cette séparation met en évidence le gradient topographique, en relation

¹Le premier groupe de chiffres correspond aux N° de relevé et les valeurs entre parenthèses indiquent la contribution (%) des espèces aux axes factoriels F1 & F2

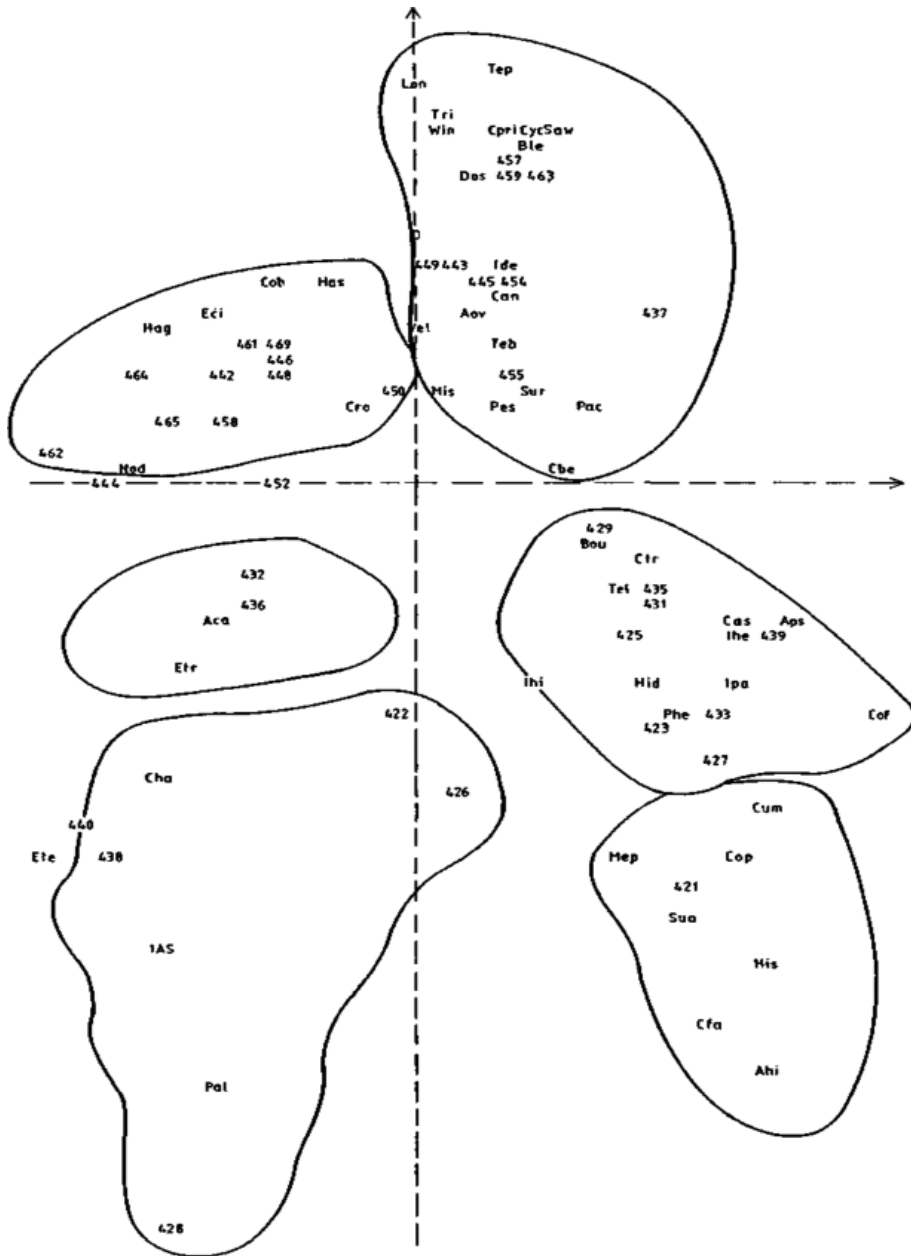


Figure 2 - Analyse partielle: échelle espèce ligneuse assurant l'ombrage. Distribution des espèces et des relevés sous et hors couvert d'Acacia raddiana dans le plan des axes 1-2 (nombres impairs: relevés sous couvert; nombres pairs : relevés hors couvert). Codes et noms des espèces au tableau 4

certainement avec le bilan hydrique (du sol).

Pour ce qui est de l'axe F3, on constate que seulement deux relevés se dégagent des autres de par leur contribution; ce sont les 12(32,8) et 36(28,2) ; mais ceci est normal puisque l'axe F3 n'apporte en effet que 7,6% de l'information. Ce sont aussi des relevés HC.

La contribution maximale des espèces est de 43,9% (*Aristida mutabilis*) pour l'axe FI et de 18% (*Aristida mutabilis*) pour l'axe F2. Une seule et même espèce, *Aristida mutabilis*, présente ainsi la plus forte contribution sur les deux axes.

Huit espèces (*Achyranthes sicula*, *Digitaria horizontalis*, *Brachiaria ramosa*, *Commelina forskalaei* en abscisses négatives, *Chloris prieurii*, *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis* et *Tragus berteronianus*) en abscisses positives présentent des contributions supérieures à la moyenne pour l'axe FI contre 13 (*Achyranthes aspera*, *Aristida mutabilis*, *Ipomoeahederifolia* dans les ordonnées négatives, *Chloris prieurii*, *Portulaca foliosa*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Pancratium trianthum*, *Limeum viscosum*, *Ceratotheca sesamoides*, *Heliotropium strigosum*, *Leptothrium senegalense*, *Limeum diffusum* et *Schoenefeldia gracilis* pour l'axe F2.

L'analyse appliquée aux relevés effectués sous et hors *Balanites* révèle que l'axe horizontal (FI) est essentiellement décrit par les relevés de nombre pair: 58(11,4), 50(8,8), 74(7,6), 72(5,3), 102(4,6), 46(4,4), 64(4,1) et 92(3,8), qui se retrouvent dans les abscisses négatives. On observe ainsi une nette opposition entre les relevés HC et SC. Cet axe FI traduirait aussi l'effet couvert. Les relevés HC se trouvent échelonnés le long de l'axe F2 avec dans les ordonnées négatives les relevés de dépression et dans les ordonnées positives, les relevés de sommet de dune et de replat. Les relevés de pente se trouvent distribués de part et d'autre de l'origine de l'axe F2. Les relevés SC, en revanche, sont concentrés dans la partie centrale droite, opposés aux relevés de pente. Cet axe traduit l'hétérogénéité du milieu, en relation avec le gradient topographique.

Ces résultats confirment ainsi ceux observés avec *A. raddiana*, c'est-à-dire que l'effet est le même pour ces espèces ligneuses sahéliennes; une nette séparation des relevés sous et hors couvert.

A l'échelle des parcours

Les 4 premiers axes définis par l'analyse des correspondances expliquent plus de 50% de la variabilité totale. La variance expliquée par le plan des axes FI & F2 varie en fonction du type de parcours analysé : 36% (PA4) à près de 55% (PS4). C'est sur ce plan factoriel principal, qui absorbe plus de 1/3 de l'inertie totale, que nous établirons l'essentiel de l'analyse, les résultats étant similaires sur le plan FI & F3.

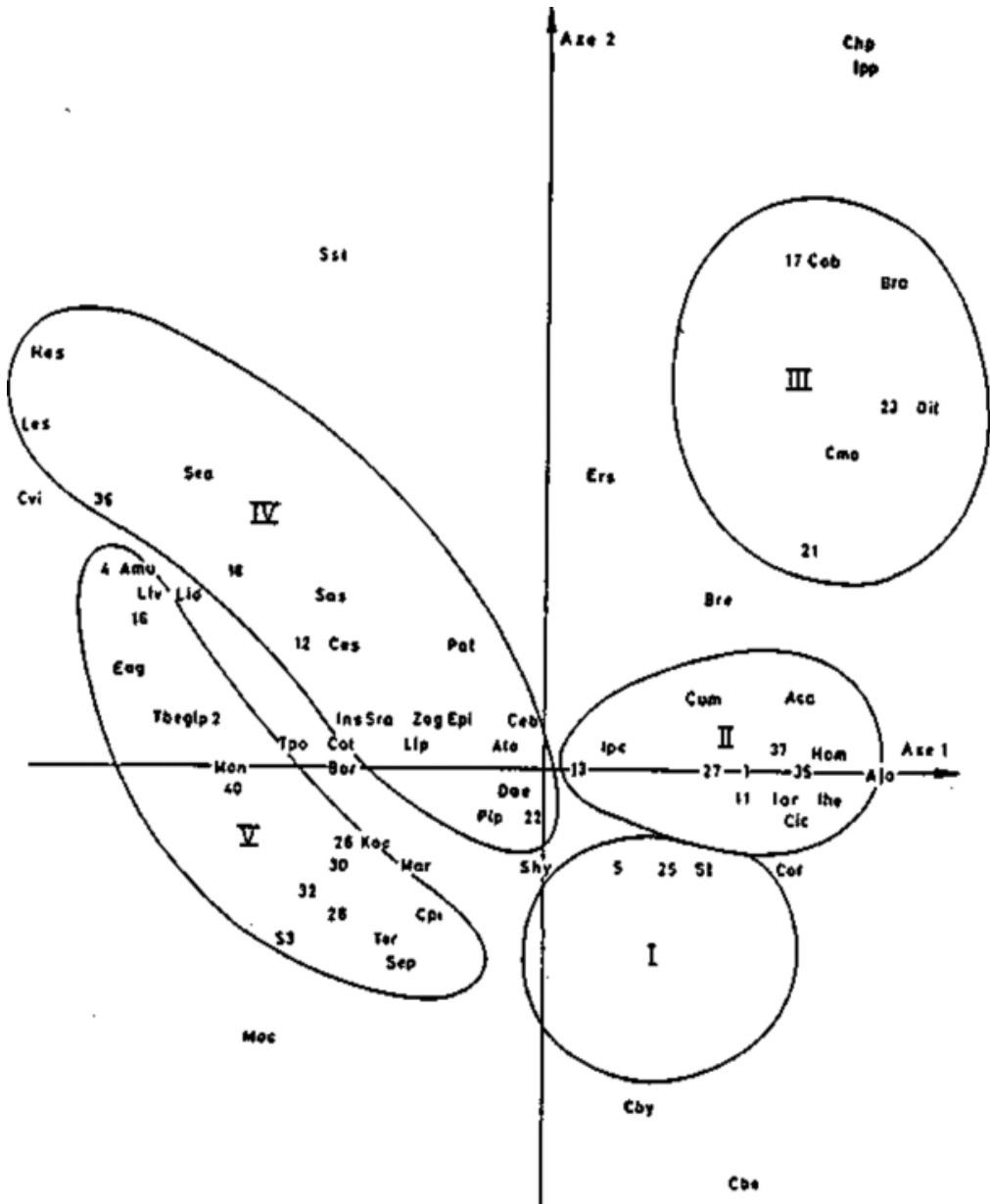


Figure 3 - Analyse partielle: échelle des parcours. Distribution des espèces et des relevés sous et hors couvert ligneux du parcours PA4 dans le plan des axes 1-2 (nombres impairs : relevés sous couvert; nombres pairs : relevés hors couvert). Codes et noms des espèces au tableau 4

Nous présenterons en détail les résultats relatifs au parcours PA4, puis nous préciserons les différences observées d'avec les autres types de parcours.

L'agencement des relevés dans le plan factoriel principal (figure 3), qui absorbe plus de 36% de la variabilité totale, montre une très nette séparation suivant l'axe 1 des relevés de nombres pairs (HC) et des relevés de nombres impairs (SC). Cette répartition conduit à interpréter cet axe comme représentant le facteur ombrage.

Aux extrémités de l'axe 1 sont associées d'une part en abscisses négatives : *Aristida mutabilis* (39,6), *Chloris pilosa* (4,8) *Tragus berteroniannus* (3,2) et, d'autre part, en abscisses positives : *Achyranthes sicula* (20,1), *Digitaria horizontalis* (7,2), *Brachiaria ramosa* (4,8) *Commelina forskalei* (2,5), *Chloris priurii* (1,9) ; le premier groupe est représenté par des espèces à feuilles étroites, enroulées et certaines espèces du second groupe ont des feuilles larges. Ces espèces, déterminantes pour les deux secteurs précédemment identifiés, traduisent bien le gradient du bilan d'eau.

La distribution des relevés sous couvert le long de l'axe 2 permet de distinguer très nettement les relevés réalisés au niveau des sommets de dunes (groupe I) de ceux des dépressions (groupe III). Les relevés de pentes constituent le groupe intermédiaire (groupe II). Cet axe représente le gradient topographique.

Hors couvert les relevés relatifs aux pentes ne se distinguent pas de ceux des autres situations topographiques. Ils se trouvent répartis à la fois dans les relevés de sommet (groupe V) et de dépression (groupe IV). L'hétérogénéité est donc moins accentuée hors couvert en raison des conditions écologiques plus sévères.

Les espèces présentant de fortes contributions à cet axe (90%) sont représentées par *Chloris pilosa* (13,4) et *D. horizontalis* (8,4) en ordonnées négatives et *Chloris priurii* (16,7), *B. ramosa* (13,9), *C. benghalensis* (12,8), *A. mutabilis* (10,6) et *Ipomoea pestigridis* (7,1) en ordonnées positives.

Pour le parcours PS4, on n'identifie que deux groupes le long de l'axe F2 ; ce sont les relevés de dépression en ordonnées négatives (GII et GIII) et les relevés de sommets en ordonnées positives (GI et GIV). Cette distribution semble liée au modelé des sols (aplani pour l'erg ancien).

Dans les autres parcours, les résultats ont fait apparaître que l'effet de l'arbre se manifeste toujours par la nette séparation le long de l'axe FI des relevés hors et sous couvert ligneux. Dans les parcours G8A, la séparation des groupes le long de l'axe 2 est toutefois masquée par un effet Guttman, reflétant un gradient de bilan hydrique très net.

Généralisation de l'effet arbre : mise en évidence des unités de végétation

Pour apprécier l'effet couvert sur la structure de la végétation herbacée au

niveau de la dition, la matrice 89 relevés x 92 espèces a été soumise à une AFC.

La variance totale du tableau des données est de 2,59 bits dont 24,4% sont portées par le premier axe, 10,8% par le second et 7,7% par le troisième. Ainsi la valeur propre du 1^{er} axe F1 est nettement supérieure à celle du second. Les valeurs se stabilisent autour du 3^{ème} axe. Le plan principal comporte ainsi 35% de l'information ; pourcentage élevé si l'on tient compte du nombre de relevés. Ces résultats indiquent que le nuage de points est bien structuré et, de ce fait, que les groupes de relevés/espèces sont bien individualisés. Le plan FI x F2 permet alors une représentation simple et en 2 dimensions de la structure majeure des données.

Dans la description de ces axes, peuvent intervenir de façon significative seules les variables (espèces) ou les individus (relevés) dont la contribution est supérieure à la moyenne de contribution. La moyenne de contribution des espèces est de 1,3%. Les espèces efficaces sont les suivantes : Aca (16,2%), Dho (8,5%) et Amu (63,6%) pour l'axe FI et Cpr (41,3%), Aca (16,4%) et Amu (11,8%) pour l'axe F2. Les valeurs indiquent clairement que l'axe FI est surtout décrit par les espèces *Achyranthes sicula* Lam. (Aca) et *Aristida mutabilis* Trin. (Amu) tandis que *Chloris prieurii* Kunth. (Cpi), *A. sicula* et *A. mutabilis* sont déterminantes pour l'axe F2. *A. mutabilis*, avec une contribution de 75,4%, est l'espèce déterminante pour ce plan factoriel.

Pour ce qui est de l'axe F3, deux espèces seulement se dégagent des autres de par leur contribution. Ces espèces - *Chloris pilosa* Schum. Et Thonn. et *Zornia glochidiata* Reichb. - se trouvent projetées dans la partie négative du plan FI x F3.

La contribution moyenne des relevés est de 1,5%. La contribution maximale est de 7,4% (relevé 102) pour l'axe F1 et 6,2% (relevé 30) pour l'axe F2. Tous les relevés n'ont pas la même importance. On constate en effet que 33 relevés sur 64 ont une contribution supérieure ou égale à la moyenne sur l'axe FI ou sur l'axe F2. Certains ont donc un rôle prépondérant par rapport à d'autres à contribution insignifiante.

La projection des espèces et des relevés sur le plan principal ou plan des axes factoriels FI & F2 (Fig. 4) permet de dégager nettement deux biotopes.

L'axe FI sépare les relevés de nombre pair (abscisses positives) de ceux de nombre impair (abscisses négatives). Ce résultat est tout à fait intéressant car il correspond à une réalité concrète: les relevés de nombre pair ont été réalisés en milieu découvert et constituent le tapis herbacé hors ombrage tandis que les autres proviennent du système arbre-herbe, et constituent la végétation herbacée sous couvert. L'axe horizontal (ou axe FI) oppose ainsi les relevés réalisés sous l'arbre, en milieu couvert (nombre impair) à ceux effectués hors ombrage, en milieu découvert (nombre pair). L'axe 1 représente donc le facteur ombrage, généré par le couvert des arbres.

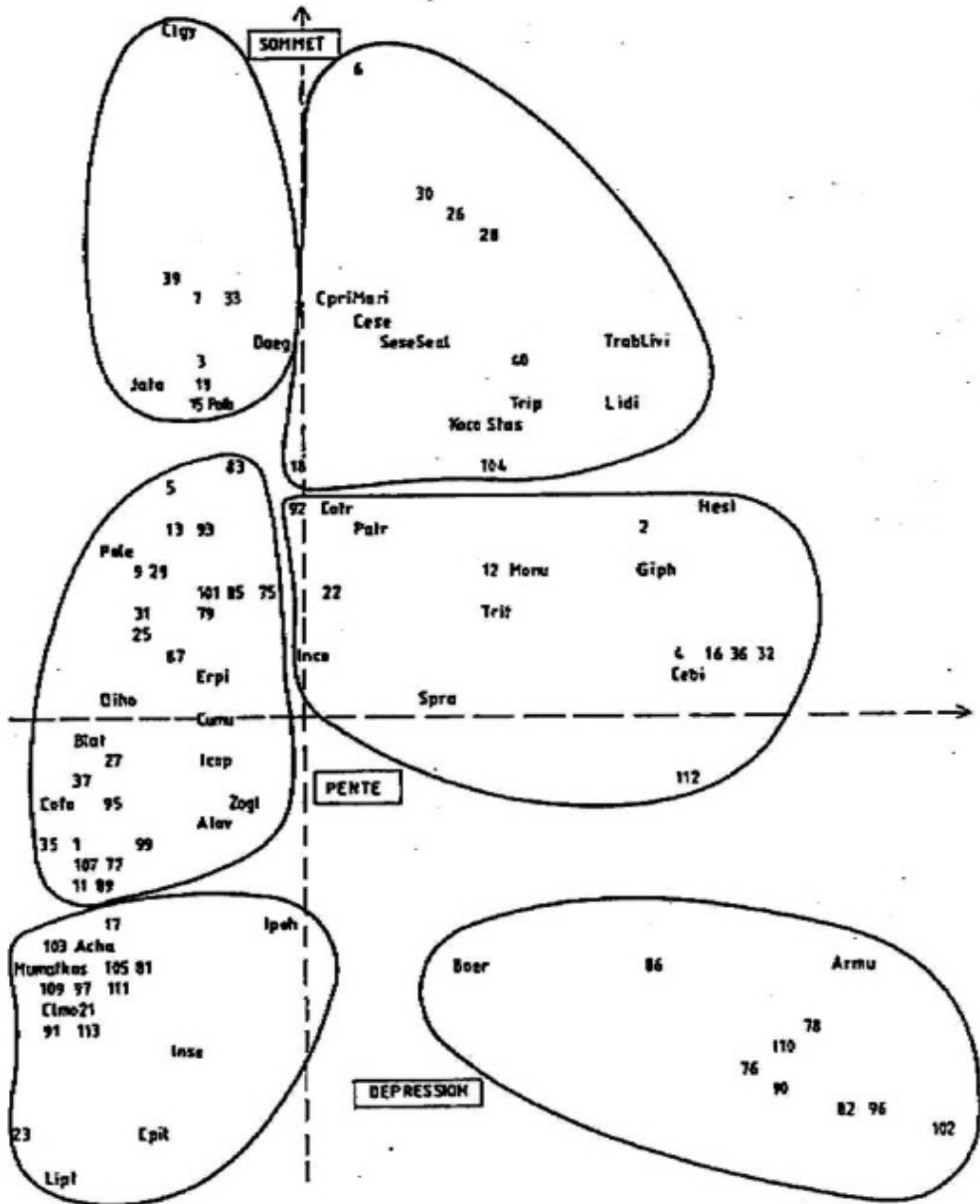


Figure 4 - Analyse globale: représentation graphique de la matrice relevés/ espèces: 89x92 de la dition (nombres impairs : relevés sous couvert; nombres pairs: relevés hors couvert). Codes et noms des espèces au tableau 4

L'axe F2 divise les relevés en 3 groupes correspondant aux relevés de sommet de dune (ou plateau), de pente et bas-fonds étalés des ordonnées positives vers celles négatives. Cet axe F2 représente ainsi le gradient topographique, en relation avec le bilan hydrique du sol.

L'axe F3 confirme ces résultats puisque l'on retrouve une nette séparation entre les relevés sous l'arbre de ceux hors couvert ligneux.

A l'appui de cette interprétation, il convient d'établir les profils écologiques de chacun des secteurs identifiés et déterminer ainsi l'existence d'espèces ou groupe d'espèces qui leur sont associées, c'est-à-dire les espèces dites « *indicatrices* ».

Caractéristiques des pâturages - sous et hors couvert : les profils écologiques

Richesse floristique

Les résultats consignés dans le tableau 3 renseignent sur le nombre moyen d'espèces par relevé sous les deux principales espèces ligneuses, dans les différents parcours et au niveau du secteur écologique. La méthode de comparaison des moyennes (Scherrer, 1984) a été appliquée à ces valeurs.

En moyenne par relevé, nous avons recensé plus d'espèces herbacées sous *Balanites* (22) que sous *Acacia* (16), avec un coefficient de variation en revanche plus élevé sous *Acacia* (23,9%) ; il est de 16% sous *Balanites*. Au niveau de la dition, la richesse spécifique moyenne est nettement plus élevée SC (21) que HC (16) et des coefficients de variation évoluant dans le même sens : 18,8% SC et 15,2% HC. Le nombre d'espèces par relevé est beaucoup plus variable sous l'arbre, et particulièrement sous *Acacia*. Au niveau du parcours PA4 par exemple, le nombre d'espèces par relevé peut varier dans un rapport de 1 à 3 sous l'arbre.

Tableau 3 - Cortège floristique: espèces sciaphiles, héliophiles et indifférentes

BIOTOPES	<i>A. raddiana</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	PA1	PA4	G8A	DITION
Sous couvert	16,4±4,9	22,1±6,9	20,3±5,6	17,7±4,8	23,1±7,1	20,9±5,5
Hors couvert	14,3±7,4	16,8±7,8	13,2±4,5	15,0±5,1	18,3±5,9	16,0±4,8
Ddl	29	48	29	31	23	70
Valeur test	10,86	35,99	10,22	2,46	5,68	36,57
t0.05	2,046	2,009	2,046	2,043	2,069	1,993

Le nombre d'espèces par relevé est aussi toujours plus élevé sous l'arbre qu'en dehors. La différence, partout significative, peut varier de 18% (parcours G8A) à 65% (PA1) pour se stabiliser à 31,7% au niveau de la dition. Seul varie le niveau de signification: entre p 0,02 et p 0,001 pour PA1 et G8A en passant par p 0,05 pour P A4. Avec la présence de l'arbre, la richesse floristique a donc augmenté.

Information mutuelle

L'information mutuelle (mesurée en bits) permet de mesurer la liaison entre une espèce (herbacée) et un facteur (éclairage). Elle varie de 0,008 à 0,384 bit, avec une moyenne de 0,08 bit. 41 espèces ont une valeur égale ou supérieure à la moyenne. Les espèces peuvent alors être classées par valeur décroissante de l'information mutuelle. Leur valeur dans cette ordination caractériserait leur valeur indicatrice pour le facteur étudié, représenté ici par l'éclaircissement. *Digitaria horizontalis* (0,384), *Achyranthes sicula* (0,321), *Momordica balsamina* (0,306), *Panicum laetum* (0,236), *Gisekia pharnacioides* (0,207) constituent les espèces meilleures indicatrices, tandis que *Boerhavia repens*, *Ipomoea vagans*, *Polycarpea limarifolia* et *Rogeria adenophylla* n'apportent presque pas d'information (0,008) pour le facteur étudié. Ces dernières espèces sont pourtant du groupe des espèces dites exclusives (sciaphile) ; elles étaient aussi relativement peu fréquentes (parfois 1 seule fois).

Brachiaria ramosa, espèce dite « exclusive » (rencontrée 36 fois) apporte ici moins d'information qu'une espèce dite « indifférente » comme *Chloris prieurii* (0,178) rencontrée 50 fois SC et 32 fois HC.

Sous couvert, il existe des espèces insuffisamment échantillonnées ; ce sont *Amaranthus graezicens*, *Cyperus rotundus*, *Rogeria adanophylla*, *Sesamum alatum*, *Spermacoce radiata* et *Jacquemontia tamnifolia* ; ce sont toutes des espèces dites « exclusives » , (héliophiles pour les 4 premières et sciaphile pour la dernière), il n'en existe pas en zone découverte malgré le faible nombre de relevés ; un relevé HC sert parfois de témoin en effet à 2 ou 3 relevés SC.

Cortège floristique

L'analyse de la liste floristique permet d'identifier deux groupes d'espèces (tableau 4). Le premier groupe comprend les espèces rencontrées exclusivement au niveau des biotopes couvert et découvert ; ce sont les espèces dites « exclusives ». Le second groupe, représenté par les espèces observées indifféremment dans les deux biotopes, correspond aux espèces dites « communes ».

Parmi les espèces dites « exclusive », on distingue celles qui sont observées sous

les arbres - ce sont les espèces sciaphiles (24 espèces pour la dition) - et celles rencontrées hors ombrage; ce sont les espèces xérophiles (7 espèces). Les espèces « exclusives » sont nettement plus élevées sous l'arbre que hors ombrage. Sous l'ombrage, les espèces sont dans leur grande majorité des dicotylédones - Amaranthaceae (*Achyranthes sicula*), Convolvulaceae (*Ipomoea* sp.), Cucurbitaceae (*Cucumis*, *Colocynthis*...) - ou des monocotylédones à feuilles larges - *Brachiaria lata*, *B. ramosa*, *Digitaria horizontalis* pour les Poaceae ; *Commelina forskalei*, *C. benghalensis* pour la famille des Commelinaceae ; et *Stylochiton hypogaeus* pour celle des Araceae-. Elles sont aussi représentées par des espèces bien connues en zone sahéenne pour leur caractère hygrophile. C'est notamment le cas de *Panicum gracilicaule*, *P. laetum*, *Cyperus rotundus*, *Bulbostylis hyspidula*... Le biotope couvert ou sous ombrage reflète donc à la fois les caractères de sciaphilie et d'hygrophilie.

Dans les milieux découverts, les espèces sont représentées notamment par des Poaceae à feuilles étroites, enroulées (*Eragrostis tremula*, *Leptothrium senegalense*, *Aristida mutabilis*) caractéristiques des milieux xériques.

Les espèces dites « communes » montrent des fréquences de présence fort variées. Certaines espèces (9) présentent des valeurs de fréquences de présence équivalentes; elles constituent des indifférentes vraies. Dans ce groupe *A. mutabilis* (24), *J. tannifolia* (18) et *A. funiculata* (4) présentent les fréquences les plus élevées. D'autres espèces montrent de fortes tendances sciaphiles (fréquences de présence plus élevées sous l'arbre); elles représentent 61,5% des espèces indifférentes initialement répertoriées pour la dition. Les plus importantes sont *A. ovalifolius*, *B. graminicola*, *Cassia obtusifolia*, *Chloris prierii*, *Digitaria horizontalis*, *E. pilosa*, *E. spicatus*, *Ipomoea coptica*, *Indigofera senegalemis*, *P. laetum*, *Portulaca foliosa*, *Spermacoce radiata*, *Lornia glochidiata*. Ainsi les espèces dont les fréquences de présence sont nettement plus élevées sous l'ombrage constituent 64,7% de la liste floristique globale. D'autres enfin, (21,2%) présentent de liaison positive pour le biotope découvert. *E. tremula*, *Gisekia pharnacioides*, *Tragus berteronianus* et *Schoenefeldia gracilis* sont les plus fréquentes.

Il n'y a pas d'espèces dites « exclusives » au couvert de *B. aegyptiaca*. Les fréquences de présence des espèces varient cependant selon qu'elles se trouvent dans la zone d'influence de l'arbre ou en dehors. Ainsi les fréquences de présence ont été soumises aux techniques d'analyse proposées par Daget & Godron (1982) et qui utilisent le profil indicé (Guillerm, 1971) afin de préciser les préférences écologiques des espèces herbacées.

La probabilité associée aux fréquences de présence et/ ou absence d'une espèce herbacée dans un biotope donné permet de tester la sensibilité de celle-ci par rapport à ce biotope, donc les liaisons entre espèces herbacées et biotopes

couvert et découvert. Une espèce peut être positivement ou négativement sensible à la classe d'un descripteur (couvert ou découvert), aux seuils de 5% ; 1% et 0,1 %, symbolisés par +, + +, + + + ou -, -, -. Elle peut être indifférente à la classe du descripteur, le symbole est 0. Lorsque l'échantillonnage est insuffisant et ne permet pas de calcul de probabilité, aucun symbole n'est donné (Daget & Godron, 1982).

Ainsi l'analyse de la flore recensée sous et hors couvert permet de distinguer deux groupes d'espèces. Le premier groupe est constitué des espèces herbacées sensibles au facteur « biotope », couvert ou découvert ; ce sont les espèces dites « *indicatrices* » de biotopes. Le seuil de sensibilité varie non seulement selon les espèces herbacées, mais aussi avec les modalités du facteur. On retiendra comme espèces dites *indicatrices* :

- Sous *A. raddiana* : *Achyranthes sicula*, *Commelina forskalei*, *Digitaria horizontalis*, *Indigofera diphylla*, *Mollugo cerviana*, *Spermacoce compressa* ;
- Sous *B. aegyptiaca* : *Brachiaria tata*, *Cerathoteca sesamoides*, *Citrulus colocynthis*, *Cleome gynandra*, *C. monophylla*, *C. viscosa*, *Ipomoea hargerupii*, *Kobautia confusa*, *Limeum diffusum*, *L. pterocalpum*, *L. viscosum*, *Mariscus aristatus*, *Panicum gracilicaule*, *Sesuvium portulacastrum*, *Schoenefeldia gracilis*, *Spermacoce stachidea*, *Stylochiton hypogaeus*, *Tribulus terrestris*, *Ipomoea hederifolia*, *Polycaryea linearifolia*.

Le nombre d'espèces dites « *indicatrices* » sous *Balanites* apparaît nettement plus important que celui observé sous *Acacia*.

Le second groupe est représenté par les espèces indifférentes (o). Les espèces indifférentes sont nettement plus nombreuses que celles dites « *indicatrices* ». Dans ce groupe, nous avons repéré *Aristida funiculata*, *Brachiaria lata*, *Boerhavia repens*, *Cenchrus biflorus*... Dans un même genre, *Cleome* par exemple, nous avons identifié une espèce indifférente (*C. tenella*) et une espèce dite *indicatrice* (*C. viscosa*).

Globalement c'est-à-dire au niveau de la dition, les espèces « *indicatrice* » des biotopes sont les suivantes :

- Biotope couvert : *Achyranthes sicula*, *Brachiaria ramosa*, *Digitaria horizontalis*, *Mollugo cerviana*, *Pancreatium trianthum*, *Ctisia obtusifolia*, *Cucumis mélo*, *Indigofera* sp., *Alysicarpus ovalifolius*, *Commelina forskalei*, *Eragrostis spicatus*, *Ipomoea coptica*, *Panicum laetum*, *Portulaca oleracea* ;
- Biotope hors couvert : *Sida ovata*, *Trichoneura mollis*, *Gisekia phamacioides*, *Sesuvium sesuvioides*, *Aristida mutabilis*.

Une espèce dite « *indicatrice* » du couvert est tout au plus indifférente du biotope découvert si elle ne lui est pas négativement sensible. *Cassia obtusifolia* (+ + sous couvert) est indifférente au découvert (o), tandis que *Commelina forskalei*, *indicatrice* du couvert (+) est négativement sensible au découvert (-).

Discussion – Conclusion

Le travail a déterminé des effets du couvert des arbres sur la composition, la répartition et les fréquences de présence des espèces herbacées dans les pâturages sahéliens. Les observations, réalisées dans le Nord - Sénégal, ont consisté en des inventaires floristiques et des relevés de végétation dans un milieu constamment parcouru par le bétail. L'ensemble des données a été soumis à différentes analyses complémentaires les unes aux autres, et centrées sur la notion de diversité.

L'aire d'influence d'un arbre est de l'ordre de 50 m², soit un houppier de 4 m de rayon. Aussi l'aire d'échantillonnage c'est-à-dire la surface des relevés floristiques, calquée sur le couvert, est supérieure à l'aire minimale (16 à 45 m²) déterminée par différents auteurs (Poissonet & César, 1972 ; Grouzis, 1988 ; Fournier, 1991) pour la strate herbacée des formations tropicales.

La comparaison de la composition spécifique de la végétation des parcours sahéliens sous l'arbre et hors arbre a permis de mettre en évidence des différences assez importantes. Celles-ci sont caractérisées par une discrimination plus ou moins nette des biotopes couverts et de ceux découverts ainsi que des espèces ou groupes d'espèces qui leur sont ou non inféodés.

Sur le plan de la structure, la présence de l'arbre a permis donc de distinguer dans ces parcours le pâturage sous arbre (formant avec l'arbre le complexe herbe-arbre) et le pâturage hors (ou découvert). L'arbre a engendré ainsi une certaine hétérogénéité du milieu.

Dans chacun de ces systèmes, nous avons identifié des espèces dites « *exclusives* » (sciaphiles et hygrophiles sous l'arbre, xérophiles hors ombrage) et des espèces dites « *communes* » ou indifférentes. Des espèces indifférentes montrent des fréquences de présence parfois plus sous les arbres ; ce sont les espèces indifférentes à tendance sciaphile. Ainsi le nombre d'espèces d'ombre est plus élevé que celui des espèces héliophiles, entraînant ainsi une plus grande diversité (tant sur le plan fonctionnel que sur celui de l'organisation des groupes) de la strate herbacée sous l'arbre. Des résultats similaires ont été obtenus par Gonzalez-Bernaldez *et al.* (1969) en Espagne, Etienne & Hubert (1987) dans la zone méditerranéenne française, Menaut *et al.* (1990) dans les formations naturelles et Akpo *et al.* (1999) dans les jachères en zone tropicale humide. Cet effet bénéfique de l'arbre sur la végétation a été aussi signalé par Acufia *et al.* (1983) dans la zone méditerranéenne subhumide, Ovalle et Avendano (1987) avec les formations d'*Acacia caven* (Mol.) Hook & Am. au Chili, Weltzin & Coughenour (1990) dans les savanes d'Afrique de l'Est.

On peut s'interroger sur les causes des différences observées au niveau de ces parcours sahéliens. Il est *a priori* logique de les corrélérer avant tout à l'hétérogénéité

du milieu générée par la présence de l'arbre dans l'écosystème. En effet, par son système racinaire et la chute des feuilles, l'arbre a contribué à restituer au sol des éléments minéraux perdus par lessivage et entraînés en profondeur en créant des îlots de fertilité. L'arbre est à l'origine de la mise en place des foyers de réactivation biologique des sols (changement de microclimat). Par le pouvoir tampon du couvert, la végétation ligneuse atténue aussi la demande évaporative de l'air. L'arbre crée donc de très favorables conditions de développement pour le tapis herbacé. De telles modifications de l'environnement se répercutent sur la composition floristique, le nombre d'espèces présentes ou sur la répartition de leur fréquence (Devineau *et al.*, 1984). Ainsi, les espèces du couvert, généralement des sciaphytes voire des hygrophytes, sont dans leur grande majorité des dicotylédones (Amaranthaceae, Convulvulaceae, Cucurbitaceae) ou des monocotylédones à feuilles larges (*Brachiaria*, *Commelina*). Aussi de nombreuses espèces, même parmi les indifférentes, peuvent (mieux) se développer et contribuer davantage au tapis herbacé sous l'arbre. Le couvert est aussi un lieu de repos pour les animaux domestiques (bovins, ovins, caprins) et sauvages et les oiseaux, qui par leurs défécations enrichissent les sols.

Les espèces des milieux découverts, généralement des xérophytes, appartiennent à la famille des Poaceae, à feuilles étroites, plus ou moins enroulées (*Eragrostis*). Dans ce biotope, où les conditions de développement de la végétation sont plus contraignantes que sous le couvert des arbres, quelques espèces seulement constituent le tapis herbacé.

Dans ces parcours, les îlots de fertilité générés par l'arbre et l'atténuation des variations microclimatiques sont accompagnées d'une hétérogénéité du milieu qui a permis de déterminer plus ou moins nettement des groupes écologiques distincts dans chacun des parcours. Cette hétérogénéité est de plus en plus grande selon le type de milieu (dépression, de pente et de replat).

Ces résultats ont indiqué enfin que l'écosystème complexe arbre-herbe, caractérisé par une grande diversité (richesse floristique élevée, un grand nombre d'espèces sous l'arbre), contribue largement à la recolonisation de l'espace ; c'est le point de facilitation de Belsky (1990). La régénération des espèces est en effet nettement plus importante sous les arbres (Akpo & Grouzis, 1996).

La répartition de la végétation herbacée des parcours sahéliens est ainsi liée à l'existence de deux gradients orthogonaux: le facteur éclairément et le gradient topographique, tous les deux en relation probablement avec le bilan hydrique (Akpo *et al.*, 1997 ; Akpo & Grouzis, 1997-1998).

Aussi il nous semble important de poursuivre les investigations afin d'établir les qualités pastorales de ces groupes d'espèces associés aux différents types de parcours.

Annexe 1

Tableau 1. Variation des valeurs propres et inertie (%) des axes de 1^{re} AFC appliquée aux relevés de végétation réalisés sous et hors couvert dans les différents types de parcours au Ferlo (Nord-Sénégal).

ESPECES	CODES	COUVERT		DITON	
		<i>A. raddiana</i>	<i>S. aegyptiaca</i>	SC	HC
<i>A. mutabilis</i> Trin. & Rupr	LArn	-	0	0	+
<i>Achyranthes sicula</i> (L.) Ail.	Aca	+++	0	+++	—
<i>Aerjavavanica</i> (Brum. F.) Lus. Ex Schult.	Aja	0	0	0	0
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Shum. & Thonn.) J. Léon.	Aov	0	—	+	0
<i>Amaranthus gracizans</i> L.	Agr	0	0	0	0
<i>Aristidaefimiculata</i> Trin. & Rupr.	Afu	0	0	0	0
<i>Boerhavia erecta</i> L.	Ber	0	0	0	0
<i>Boerhavia. graminicola</i> Berth.	Bgr	0	—	0	0
<i>Boerhavia. repens</i> E.	Bre	0	0	0	0
<i>Brachiaria lata</i> (Schum.) Hubb. In Hook.	Bla	0	+++	0	0
<i>Brachiaria ramosa</i> (E.) Stapf	Bra	0	0	+++	—
<i>Bulbostylis coleothrica</i> (A. Rich.) C.B.	Bco	+	o	0	0
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Cob	0	—	++	0
<i>Cenchrus biflorus</i> (Kunth) Maire	Cbi		0	0	0
<i>Ceratotheca semoides</i> Endl.	Cse	-	+++	o	0
<i>Chloris pilosa</i> Schum. & Thonn.	Cpi	0	+	0	-
<i>Chloris priesnii</i> Kunth	Cpr	0	—	o	0
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Cco	0	+++	o	0
<i>Cleome gynandra</i> L.	Cgy	0	+++	0	-
<i>Cleome monophylla</i> E.	Cmo	0	+++	0	0
<i>Cleome lenella</i> E.	Cte	0	0	0	0
<i>Cleome viscosa</i> E.	Cvi	0	+++	o	0
<i>Commelina benghalensis</i> E.	Cbe	0	0	0	0
<i>Commelina forskalei</i> Vahl.	Cfo	+++	0	+	—
<i>Corchorus tridens</i> E.	Ctr	0	0	0	0
<i>Cucumis melo</i> L.	Cmu	0	-	++	0
<i>Cyperus rotundus</i> E.	Cro	0	0	0	0
<i>Dipcadi. taccazezanum</i> (Hoscht. Ex A. Rich.) Bak.	Dta	0	0	0	0
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (E.) P. Beauv.	Dae	0	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Dho	+++	-	+++	—
<i>Dipcadi longifolium</i> Bak.	Dlo	0	0	0	0
<i>E. ciliaris</i> (E.) R. Br.	Eci	0	0	+	-
<i>E. tremula</i> Hochst	Etr	0	—	0	-

ESPECES	CODES	COUVERT		DITION	
		<i>A. raddiana</i>	<i>S. aegyptiaca</i>	SC	HC
<i>Eragrostis pilosa</i> (E.) P. Beauv.	Epi	0	—	o	0
<i>Euphorbia aegyptiaca</i> Boiss.	Eae	0	-	0	0
<i>Gisekia pharucoides</i> E.	Gph	-	++	—	++
<i>H. strigosum</i> Willd.	Hst	0	0	0	0
<i>Heliotropium bacciferum</i> forsk.	Hba	0	0	0	0
<i>In. senegalensis</i> Eam.	Ise	—	-	+++	0
<i>In. collutea</i> (Bum. F.) mercill	Ico	0	0	0	0
<i>In. diphylla</i> Vent.	Idi	+++	0	—	0
<i>In. pilosa</i> Poir.	Ipi	0	0	0	0
<i>Indigofera aspera</i> Perr. Ex DC	las	0	0	0	0
<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.	laq	0	0	0	0
<i>Ip. argenteaurata</i> Hall. F.	lar	0	0	0	0
<i>Ipomoea hagerupii</i> L.	Iha	0	0	0	o
<i>Ip. Hederifolia</i> L.	Ihe	0	o	++	o
<i>Ip. kostchyana</i> Hochst.	Iko	0	+++	o	0
<i>Ip. pes-tigridis</i> L.	Ipt	0	++	o	0
<i>Ip. vagans</i> Bak.	Iva	0	0	o	
<i>Ipomoea coptica</i> (L.) Robh. Ex Roem & Schult.	Ico	0	o	+	-
<i>Jacquemontia taminifolia</i> (L.) Briseb.	Ita	0	o	+++	o
<i>Kobautia confusa</i> (Hutch. & Dalz.) brenek.	Kco	0	0	0	o
<i>Kyllinga pumila</i> Mich.	Kpu	0	o	o	o
<i>Leptochrium senegalensis</i> (Kunyh) Clayton	Lse	0	+++	—	0
<i>Limeum diffusum</i> (Gay) Schinz.	Ldi	-	+++	—	0
<i>Limeum pterocarpum</i> (Gay) Fenzl.	Lpt	0	-H+	o	o
<i>Limeum viscosum</i> (Gay) Fenzl.	Lvi	0	+++	-	o
<i>Mariscus aristatus</i> (Rottb.) Cherm.	Mar	0	o	o	o
<i>Mollugo cerviana</i> (L.) Seringe	Mce	0	o	0	o
<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	Mnu	-	o	o	o
<i>Momordica balsamina</i> L.	Mba	+	—	+++	—
<i>Mukia maderaspatana</i> (L.) Roem.	Mma	0	+++	0	o
<i>Pancreatium truanthum</i> Herbert	Ptr	0	+	00	0
<i>Panicum gracilicaule</i> Rendle	Pgr	0	o	+	o
<i>Peristrophe bicalyculata</i> (Retz.) Nees	Pbi	0	o	0	o
<i>Phyllanthus pen.tandrus</i> Schum. & Thonn.	Ppe	0	o	0	o
<i>Physalis angustifolia</i> L.	Pan	0	o	0	0
<i>Polycarpea linearifolia</i> DC	Pli	0	o		o

ESPECES	CODES	COUVERT		DITTON	
		<i>A. raddiana</i>	<i>S. aegyptiaca</i>	SC	HC
<i>Polygala erioptera</i> DC	Per	0	0	0	0
<i>Portulaca foliosa</i> Ker-Gawl	Pfo	0	—	+	o
<i>Portulaca olerace</i> L.	Pol	0	+	+	-
<i>Rogeria adenophylla</i> J. Gay	Rad	0	o	0	o
<i>Schoenfeldia gracilis</i> Kunth	Sgr	0	o	0	o
<i>Sesamum alatum</i> Thonn.	Sal	0	+++	-	o
<i>Sesuvium sesuvioides</i> (Fenzl.) verdc.	Sse	0	—	-	+++
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Spo	—	—	0	++
<i>Spermacoce radiata</i>	Sra	0	o	0	0
<i>Spermacoce stahydea</i>	Sst	0	+++	0	o
<i>Striga aspera</i> (Willd.) Benth. In Hook.	Sas	0	+++	0	o
<i>Stychnon hypogaeus</i> Lepr.	Shy	0	0	0	o
<i>Tragus berteronianus</i> Schult	The	-	0	-	+++
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Tpo	0	+++	0	o
<i>Tribulus terrestris</i> L.	Tu	0	0	0	o
<i>Trichoneura mollis</i> (Kunth) Ekman	Tmo	0	0	0	o
<i>Zornia glochidiata</i> Reich. Ex DC.	Zgl	0	—	0	0

Références bibliographiques

- Akpo L.E., 1993. *Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sabélien*. Orstom éd., TDM, 174 p.
- Akpo L.E., 1997. *Phenological interactions between tree and understory herbaceous vegetation of sabelian semi-arid savanna*. Plant Ecology, 131, 241-248.
- Akpo L.E. & Grouzis M., 1996. *Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sabéliennes (Nord - Sénégal, Afrique occidentale)*. Weebia 50, 2, 247-263
- Akpo L.E., Grouzis M., Pontanier R. & Floret C., 1999. *Effet du couvert ligneux sur la structure de la végétation herbacée de jachères soudanaises*. Sécheresse, 10 (4), 253-261.
- Berhaut J., 1967. *Flore du Sénégal*. Clairafrique éd., Dakar, 485 p.
- Beslky A.J., 1990. *Tree/grass ration in East Africana Savannas: a comparison f existing models*. Journ. of Biogeography, 17,483-489
- Bille J.C., 1970. *Etude la productivité primaire nette d'un écosystème sabélien*. Orstom, Etudes & Thèses, 65, 82 p.
- Daget P. & Godron M., 1982. De Vrie P.F.W.T. & Djitèye M.A., 1982. *La productivité des pâturages sabéliens. Une étude des sols, de la végétation et de l'exploitation de cette ressource naturelle*. CAB, Wageningen, 525 p.
- Etienne M. & Huber T. D., 1987. *Relations herbe-arbre : état des connaissances. Fourrages, n° spécial sur la forêt et l'élevage en région méditerranéenne française*. Versailles, 151-166.
- Fournier A., 1991. *Phénologie, croissance et productions végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique*. Orstom éd., Etudes et Thèses: 371 p.
- Godron M., et al. 1983. *Code pour le relevé méthodologique de la végétation et du milieu. Principes et transcription sur cartes perforées*. CNRS, Montpellier, 282 p.
- Gonzalez-Bernaldez, F. Morey, M. & Veklasco F., 1986. *Influences of Quercus ilex angustifolia on the herb layer at the Prado forest (Madrid)*. Biol. Real. Soc. Esp. Rist. Nat., 67, 265-284.
- Lacoste A., Roux M., 1972. *L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes. 1. L'analyse des données floristiques*. Acta Oecologica. Oecol. Plant., 6, 353-369.
- Le Houérou H.N., 1989. *The grazing land ecosystems of the African Sabel*. Springer-Verlag, Berlin, 282 p.
- Lebrun J. P. & Stork A., 1991, 1992, 1995, 1997. *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale*. Conservatoire et Jardin botaniques, Genève (vol. 1.