

**IV<sup>e</sup> Congrès International des Terres de Parcours  
MONTPELLIER - FRANCE - 22-26 avril 1991**

**L'ARBRE ET L'HERBE AU SAHEL**  
**Influence de l'arbre sur la structure spécifique et la production de la strate herbacée, et  
sur la régénération des espèces ligneuses.**

-----

**\* Michel GROUZIS ., \* Jerzy NIZINSKI ., \*\* Elie AKPO .,**

**\* Laboratoire d'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE  
ORSTOM BP. 1386  
DAKAR - SENEGAL**

**\*\* Université de Dakar  
Département Biologie Végétale**

4IRC.MG

19 MARS 1991

ORSTOM Fonds Documentaire  
N° : 31.540 exp 1.  
Cote : B

VI P49

## L'ARBRE ET L'HERBE AU SAHEL

Influence de l'arbre sur la structure spécifique et la production de la strate herbacée, et sur la régénération des espèces ligneuses.

\* Michel GROUZIS ., \* Jerzy NIZINSKI ., \*\* Elie AKPO .,

\* Laboratoire d'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE, ORSTOM BP. 1386, DAKAR,  
SENEGAL

\*\* Université de Dakar, Département Biologie Végétale

### RESUME :

Afin de contribuer à la régénération des systèmes écologiques sahéliens particulièrement éprouvés par la persistance de la sécheresse et de la pression anthropique croissante, cette étude se propose d'identifier les interactions entre les espèces ligneuses et herbacées d'une steppe à épineux du Ferlo (nord Sénégal).

L'analyse de l'influence des ligneux sur l'organisation spatiale et la structure spécifique de la strate herbeuse montre que l'arbre joue un rôle déterminant sur la répartition des espèces herbacées, augmente significativement la richesse floristique et la production de la strate herbacée. Par ailleurs, l'ombrage aide à la régénération des ligneux.

Cette action favorable résulte de meilleures conditions d'alimentation en eau.

**Mots-clés :** Interaction, strate herbacée, strate ligneuse, composition floristique, production, régénération, Sahel, Ferlo, Sénégal

**ABSTRACT :**

As a result of a persistent drought and an increasing human pressure, sahelian ecological systems are degraded. To contribute to their regeneration this study identifies the interactions between herbaceous and lignous species of an annual shortgrassland in the north of Senegal.

The analysis of the effects of woody plants on the herbaceous layer spatial distribution and floristic composition shows that tree plays a principal rôle. The herbaceous floristic richness and production as the number of lignous seedlings are significantly increased under cover.

This positive action is probably due to a better water balance

**Key-words :** Herbaceous layer, lignous layer, interaction, floristic richness, production, Sahel, Ferlo, Senegal

## INTRODUCTION

Les écosystèmes sahéliens subissent depuis plusieurs décennies une forte dégradation en raison de la péjoration des conditions climatiques et de l'anthropisation croissante (Albergel *et al.*, 1985). Cette situation est fort préjudiciable aux conditions de vie des populations et à l'économie des pays sahéliens puisque la végétation spontanée constitue la base de l'alimentation des troupeaux et que la production vivrière repose sur la culture pluviale.

Cette végétation sahélienne a fait l'objet de nombreuses investigations : inventaire floristique, typologie et cartographie réalisés notamment par l'IEMVT, recherches sur certains aspects du fonctionnement développées dans le cadre de grands programmes tels que le P.B.I. (Bourlière 1978), le COMITE LAT de la D.G.R.R.T (Barry *et al.*, 1983 pour le MALI, Chevallier *et al.*, 1985, Grouzis 1988 pour le BURKINA FASO, Barral *et al.*, 1983 pour le Sénégal), P.P.S (Penning de Vries et Djiteye 1982)).

Bien que la variabilité caractéristique du milieu sahélien soit loin d'être suffisamment connue ces recherches ont mis en évidence les variations de la structure spécifique en relation avec les conditions édapho-climatiques (Bille 1977, Cornet 1981, Barral *et al.*, 1983), certains mécanismes de la mise en place du peuplement herbacé (Cisse 1986, Grouzis *et al.*, 1986, Carrière 1989), les fluctuations spatio-temporelles des cycles de production (Bille, Barral *op. cit.*, Grouzis 1988), le déterminisme hydrique (Cornet 1981) et trophique (de Vries et Djiteye 1982) de la production. Des modèles de production des pâturages (Rambal et Cornet 1982, Hiernaux 1984, de Vries et Djiteye 1982) ont été proposés.

La phénologie des ligneux a été reliée aux variations des conditions écologiques (Poupon 1980, Grouzis et Sicot 1980) et la productivité d'un certain nombre d'espèces ligneuses a été évaluée (Poupon 1980, Toutain *et al.*, 1983).

Un des problèmes qui paraît être des plus urgents à résoudre dans les régions sahéliennes est la reconstitution des écosystèmes dégradés. Celle-ci doit reposer sur l'association herbacée-ligneux afin de concilier au mieux les nécessités de la production herbacée (cultures, espèces pastorales) et la stabilité du milieu apportée par les ligneux en raison de leur moins grande sensibilité aux perturbations de l'environnement (Menaut 1983).

On admet généralement (Sanchez 1987) l'hypothèse selon laquelle **les arbres améliorent les conditions de milieu (propriétés physiques du sol, niveaux trophiques) et favorisent le développement de la végétation herbacée**. On doit cependant reconnaître que, les connaissances sur les interactions arbre-herbe sont relativement peu développées en milieu sahélien (Bernard-Reversat 1981), contrairement à d'autres zones bioclimatiques telles que : l'Europe du Sud (Vacher 1984, Joffre 1987), le CHILI (Ovalle 1987 a,b), et les savanes (Walker et Noy-Meir 1982), où les recherches sont relativement avancées.

L'objectif du programme intitulé "**l'arbre et l'herbe au Sahel : dynamique des interactions, application à la régénération des systèmes écologiques**", développé par le laboratoire d'ÉCOLOGIE de l'ORSTOM au Sénégal, est donc d'étudier les interactions entre les ligneux et les herbacées afin de préciser les relations de compétition ou de complémentarité entre ces deux composantes de l'écosystème, en caractérisant les niches exploitées et les mécanismes qu'elles mettent en jeu pour l'utilisation des ressources notamment l'eau et les éléments nutritifs.

La connaissance des propriétés écophysologiques des espèces et des processus d'allocation des ressources permettra de mieux définir les moyens techniques à mettre en oeuvre : (1<sup>e</sup>) pour la régénération des écosystèmes dégradés en vue de la stabilité du milieu, (2<sup>e</sup>) pour la sélection des espèces autochtones les plus appropriées compte-tenu de leur efficacité (tolérance à la sécheresse, enrichissement du sol) et (3<sup>e</sup>) pour le choix des densités de plantation dans la mise en place ou l'amélioration des systèmes agroforestiers.

Quatre opérations de recherche constituent ce programme mené à différents niveaux d'analyse (niveau du secteur écologique, niveau stationnel, et celui de la plante entière) et conduit d'une part en milieu naturel (Férlo, nord Sénégal) et d'autre part en conditions semi-contrôlées (station expérimentale). Les travaux portent sur:

I) l'influence du couvert ligneux sur l'organisation spatiale et la structure spécifique de la strate herbacée.

II) les modifications induites par l'arbre sur les propriétés physiques du sol notamment sa réserve hydrique.

III) les réponses adaptatives des végétaux aux modifications des conditions écologiques liées au couvert ligneux.

IV) l'étude des caractéristiques adaptatives de deux espèces ligneuses (*Acacia raddiana* et *Acacia senegal*) au niveau de la plante entière, en termes d'équilibre hydrique et de nutrition azotée.

Cette contribution ne porte que sur la première opération de ce programme. L'objectif est de déterminer l'effet de l'arbre d'une part sur l'hétérogénéité de la végétation herbacée, sa composition floristique, sa productivité et d'autre part sur la régénération de la strate ligneuse.

## I. MATERIEL ET METHODES

Cette étude est réalisée dans les steppes à épineux du Ferlo sénégalais à proximité du lieu dit Souilène (16°20'99"N et 15°25'40"W). Cette zone est soumise à un climat tropical sec de type sahélien. Les précipitations de DAGANA s'élèvent à 309 mm. La saison des pluies s'étend en général du mois de juin au mois d'octobre mais près de 90 % des précipitations ont lieu en juillet, août et septembre. (Nizinski et Grouzis 1991)

La végétation est constituée par des formations mixtes associant plantes ligneuses généralement épineuses et de plantes herbacées annuelles.

L'analyse de l'influence des ligneux sur l'organisation spatiale de la végétation herbacée a été réalisée à partir de 114 relevés phytoécologiques de 50m<sup>2</sup> chacun (72 sous couvert et 42 hors couvert) effectués fin septembre 1989 dans quatre des groupements définis par Diallo et Valenza (1972).

Pour chaque relevé, la liste floristique est établie et le recouvrement de chaque espèce noté. Les levées des espèces ligneuses sont inventoriées.

Des observations sur la granulométrie, le carbone, la matière organique, l'azote, le phosphore (horizons 0-10 et 45-55 cm), le rayonnement global instantané et la phytomasse herbacée (méthode de la récolte intégrale, coupe au ras du sol) complètent les relevés de végétation pour définir les conditions qui prévalent à chaque situation.

## II. RESULTATS

Les résultats, notamment ceux relatifs à l'analyse des sols ne sont pas encore entièrement disponibles. Un traitement relatif à un groupement à *Balanites aegyptiaca* et à *Acacia raddiana* (Pa4, Diallo et Valenza 1972) nous permettra cependant de montrer la sensibilité de la strate herbacée à l'influence de l'arbre.

## 1. Influence de l'arbre sur la structure spécifique de la strate herbacée

L'analyse des correspondances (ANACOR, programmathèque BIOMEKO, CNRS/CEFE MONTPELLIER) a été appliquée à la matrice (espèces : 68 X relevés : 33).

L'agencement des relevés dans le plan factoriel des deux premiers axes, qui absorbent près de 36 % de la variabilité totale, montre une très nette séparation suivant l'axe I, des relevés sous couvert (abscisses négatives) et des relevés hors couvert (abscisses positives : figure 1). Cette répartition conduit à interpréter cet axe comme représentant le gradient de lumière.

La distribution des relevés sous couvert ligneux le long de l'axe II permet de distinguer très nettement les relevés inféodés aux sommets (groupe 1) de ceux caractéristiques des dépressions (groupe 2). Les relevés correspondant aux pentes se situent en position intermédiaire (groupe 3, fig.1) Ce deuxième axe représente donc le gradient topographique.

Les relevés relatifs aux pentes hors couvert ne se distinguent pas de ceux des autres situations topographiques. Ils se trouvent répartis à la fois dans les relevés de sommet (groupe 4) et de dépression (groupe 5). L'hétérogénéité est donc moins accentuée hors couvert en raison des conditions écologiques plus sévères.

Cette analyse nous permet aussi de noter qu'il n'y a pas d'effet de l'espèce ligneuse sur la structure de la strate herbacée. En effet les relevés relatifs aux différentes espèces ligneuses ne sont pas regroupés au sein d'un même ensemble mais distribués en fonction de leur position topographique (exemple fig.1, *Ziziphus mauritiana* : sommet (M15,19) ; dépression (M17,21,23) ; pente (M19)).

L'arbre joue donc un rôle déterminant sur la strate herbacée. Des phytocénoses inféodées non seulement à la couronne et à l'extérieur des arbres, mais encore celles répondant à des variations topographiques peuvent être identifiées dans cet exemple. Cette organisation spatiale peut s'interpréter plus facilement en termes de mosaïques d'éléments de végétation (Gounot 1969) que de gradient.

Les résultats consignés dans les tableaux 1 (a et b) renseignent sur la richesse et le cortège floristiques des phytocénoses identifiées. Il y apparaît que l'arbre augmente significativement la richesse floristique puisque les espèces associées exclusivement au couvert ligneux représentent plus du tiers (37 %) de la flore inventoriée dans cette unité de végétation.. Quelques espèces caractéristiques de chaque phytocénose sont données dans le tableau 1b.

## 2. Influence de l'arbre sur la production de la strate herbacée

L'examen de la figure 2 qui compare les biomasses de la strate herbacée hors et sous couvert ligneux montre que l'arbre a une influence positive sur la production de la strate herbacée. En effet celle-ci est environ deux fois plus élevée sous couvert ligneux. Ce résultat corrobore ceux obtenus par Ovalle et Avendano (1987), Quarro et Montard (1989). Il est d'une part dû à la présence sous ombrage d'espèces plus productrices et d'autre part à un allongement significatif de la période de végétation (Montoya et Meson 1982) en relation avec un bilan hydrique plus favorable sous ombrage (Koechlin *et al.*, 1989, Joffre 1987, Nizinski et Grouzis 1991).

## 3. Influence de l'arbre sur la régénération de la strate ligneuse

Sur la figure 3A, il apparaît très nettement que le couvert arboré favorise la levée des espèces ligneuses. La fréquence des levées est plus importante sous *Ziziphus mauritiana* et *Balanites aegyptiaca* que sous *Acacia raddiana* (fig. 3B). Cette caractéristique résulte certainement des conditions hydriques plus favorables sous les deux premières espèces (situation topographique pour *Ziziphus*, densité du feuillage pour *Balanites* ).

La fig. 3C montre enfin que c'est *Balanites aegyptiaca* qui est l'espèce la plus favorisée. Viennent ensuite *Ziziphus mauritiana*, *Leptadenia hastata* et deux espèces non identifiées.

## CONCLUSION

L'influence générale de l'arbre se manifeste sur (1) la structure spécifique, (2) la richesse floristique, (3) et la production de phytomasse de la strate herbacée, et sur (4) la régénération de la strate ligneuse. Bien que ces premiers résultats demandent à être confirmés par le traitement des données des autres unités de végétation inventoriés et complétés par les observations relatives aux conditions écologiques, ils viennent déjà confirmer pour le Sahel, les conclusions retenues pour d'autres systèmes écologiques du monde : savanes soudaniennes (Menaut 1983) ; zone méditerranéenne sub-humide du Chili (Ovalle et Avendano 1987, 1988) ; *dehesas* d'Espagne (Vacher 1984) ; formations herbeuses annuelles californiennes (Parker et Muller 1982), à savoir que l'arbre favorise le développement de la strate herbacée.

Tout en admettant la complexité des interactions arbre/herbe, on peut considérer (Joffre 1987, Parker et Muller *op. cit.*) que l'influence générale de l'arbre est due à une amélioration des conditions hydriques et trophiques. Les modifications induites par l'arbre sur les ressources notamment hydriques ainsi que les processus mises en jeu par les espèces ligneuses et herbacées pour l'allocation de ces ressources doivent maintenant être précisés.

C'est en effet la connaissance du comportement des végétaux dans leur environnement et de leurs caractères d'adaptation aux contraintes du milieu qui faciliteront le choix des taxons les plus appropriés et les techniques à mettre en oeuvre, pour la régénération des systèmes écologiques sahéliens profondément ébranlés par l'action conjuguée de la persistance des conditions climatiques défavorables et de la pression anthropique croissante.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albergel J., Carbonnel J.P., Grouzis M., 1985. - Péjoration pluviométrique au Burkina Faso : incidences sur les ressources en eaux et les productions végétales. Cah., ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XXI, 1, 3-19.
- Barral H. *et al.*, 1983. - Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. A.C.C. GRIZA (LAT). Ministère de la Recherche et de l'Industrie, GERDAT-ORSTOM, 172 p.
- Barry J.P. *et al.*, 1983. - Etudes des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien du Mali. A.C.C. GRIZA (LAT), 116 p.
- Bernhard-Reversat F. 1981. - Biogeochemical cycle of nitrogen in semi-arid savanna. *Oikos*, 38, 321-332.
- Bille J.C., 1977. - Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, n° 65, 81 p.
- Bourlière F., 1978. - La savanne sahélienne de Fété Olé, Sénégal, 187-229, in "Problèmes d'Ecologie : Structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres. Masson et Cie Ed., Paris.
- Carrière M., 1989. - Les communautés végétales sahéliennes en Mauritanie (Région de Kaedi) ; analyse de la reconstitution annuelle du couvert herbacé. Thèse de doctorat en Sciences, Université de Paris-Sud, Centre d'ORSAY, 237p.
- Chevallier P., Claude J., Pouyaud B., Bernard A., 1985; - Pluies et crues au Sahel : hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso 1976-1981), Trav. et Doc. de l'ORSTOM, Paris, n° 190, 251 p.
- Cisse A., 1986. - Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone Sud sahélienne. PPS, CABO, 211 p.

- Cornet, A., 1981. Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 354 pp.
- Diallo A.K., Valenza J., 1972.- Etude des pâturages naturels du nord Sénégal, Etudes agrostologiques n° 34, IEMVT Ed., MAISONS-ALFORD, carte 1/200 000.
- Gounot M., 1969. - Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et C<sup>ie</sup> Ed., PARIS, 314 p.
- Grouzis M., 1988. - Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso), Etudes et Thèses, ORSTOM Ed., PARIS, 336 p.
- Grouzis M., Sicot M., 1980. - A method for the phenological study of browse populations in the sahel : the influence of some ecological factors. in "Browse in Africa : the current stage of knowledge", LE HOUEROU Ed., ILCA, Addis Abeba, 233-240.
- Grouzis M., Legrand E., Pale F., 1986. - Germination des semences des régions semi-arides du sahel. Actes du Colloque "Les végétaux en milieu aride", TUNISIE-JERBA, ACCT Ed., 8-10 septembre 1986.
- Hiernaux P., 1984. - Distribution des pluies et production herbacée au sahel : une méthode empirique pour caractériser la distribution des précipitations journalières et ses effets sur la production herbacée. Premiers résultats acquis dans le sahel malien, ILCA, Bamako, 46 p.
- Joffre R., 1988. - Contraintes du milieu et réponses de la végétation herbacée dans les dehesas de la Sierra Norte (Andalousie, Espagne), CNRS/CEFE MONTPELLIER, 201 p. + ann.
- Koehler B., Rambal S., Debusche M., 1986.- Rôle des arbres pionniers sur la teneur en eau du sol en surface de friches de la région méditerranéenne. Acta Oecologica, Oecol.Plant.,7, 21, 2, 177-190
- Menaut J.C., 1983. - The vegetation of african savannas. in "Ecosystems of the world",Tropical savannas, n° 13, Bourlière Ed.,Elsevier Scient. Publis.,Oxford, 109-149
- Montoya J.M., Meson M.L., 1982. - Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenologia y composicion especifica del sotobosque. Anal. INIA, ser. forestal, 5, 43-60
- Nizinski J., Grouzis M., 1991.- Bilan d'eau d'une steppe à *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne ssp. *raddiana* (Savi) Brenan et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.,(Nord du Sénégal), IV<sup>e</sup> Congrès International des Terres de Parcours, MONTPELLIER FRANCE - 22-26 avril 1991
- Ovalle C., Avendano J., 1987. - Interactions de la strate ligneuse avec la strate herbacée dans les formations d'*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. I.Influence de l'arbre sur la composition floristique, la production et la phénologie de la strate herbacée. Acta Oecologica, Oecol. Plant., vol.8 (4), 385-404
- Ovalle C., Avendano J., 1988. -Interactions de la strate ligneuse avec la strate herbacée dans les formations d'*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. II. Influence de l'arbre sur quelques éléments du milieu : microclimat et sol.Acta Oecologica, Oecol. Plant., vol.9 (2), 113-134.
- Parker V.T., Muller C.H.,1982.- Vegetational and environmental changes beneath isolated live oak tress (*Quercus agrifolia*) in California annual grassland. Am. Midl. Nat., 107, 69-81

- Penning de Vries F.W.T., Djiteye M.A., 1982. - La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. CABO, Wageningen, 525 p.
- Poupon H., 1980. - Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, 317 p. + ann.
- Quarro M., de Montard F.X., 1989.- Etude de la productivité des parcours de la zone d'Ain Leuh (Moyen Atlas, plateau central). I. Effets de la fréquence d'exploitation et du taux de recouvrement arboré sur la productivité herbacée. Agronomie, 9, 477-487.
- Rambal S., Cornet A., 1982. - Simulation de l'utilisation de l'eau et de la production végétale d'une phytocénose sahélienne du Sénégal. Acta Oecologica, Oecol. Plant., vol. 3 (17), n° , 381-397.
- Sanchez P.A., 1987. - Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. IN "Agroforestry, a decade of development", ICRAF Ed., NAIROBI, 205-223.
- Toutain et al. 1983. - Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes sahéliens pâturés de Haute-Volta, ACC GRIZA (LAT), GERDAT, 124 p.
- Vacher J., 1984. - Les pâturages de la Sierra Norte. Analyse phyto et agro-écologique des dehesas pastorales de la Sierra Norte (Andalousie occidentale, Espagne), CNRS Ed., MONTPELLIER, 195 p.
- Walker B.H., Noy-Meir I., 1982. - Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems, in "Ecology of tropical savannas", HUNTLEY B.J. and WALKER B.H. Ed., 556-590, Springer-Verlag, Berlin.

Tableaux 1. Richesse et cortège floristiques des phytocénoses  
 (a) Richesse floristique

Nombre d'espèces exclusives	SOUS - COUVERT	HORS - COUVERT
	21	8
Indifférentes	28	
Nombre total	57	

(b) Cortège floristique

Espèces sous couvert	<i>Achyranthes argentea</i> , <i>Momordica balsamina</i> , <i>Brachiaria ramosa</i> , <i>Chloris pilosa</i> , <i>Commelina forskalii</i> , <i>Jacquemontia tamnifolia</i> ...
Espèces hors couvert	<i>Mollugo nudicaulis</i> , <i>Limeum diffusum</i> , <i>Gisekia pharnaceoides</i> , <i>Sesamum alatum</i> , <i>Euphorbia aegyptiaca</i> , <i>Eragrostis tremula</i> , <i>Aristida mutabilis</i>
Espèces Indifférentes	<i>Chloris priurii</i> , <i>Digitaria horizontalis</i> , <i>Dactyloctenium aegyptium</i> , <i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Tribulus terrestris</i> , <i>Zornia glochidiata</i> , <i>Alysicarpus ovalifolius</i>

### Légendes des Figures

Fig.1. Analyse factorielle des correspondances (plan1/2) des ensembles espèces/relevés du groupement à *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana* (PA4 de Diallo et Valenza 1972)

Fig.2. Biomasse comparée hors et sous couvert ligneux

Fig.3. Influence de l'arbre sur la régénération de la strate ligneuse : **A** (fréquence des levées (F %) sous couvert (SC) et hors couvert (HC) ; **B** (fréquence des levées (F %) sous ombrage d'*Acacia raddiana* (Ar), de *Ziziphus mauritiana* (Zm), et de *Balanites aegyptiaca* (Ba) ; **C** (Diversité spécifique des levées : *Balanites aegyptiaca* (Ba), *Ziziphus mauritiana* (Zm), *Leptadenia hastata* (Lh), sp1 et sp2 non identifiées.





