

STRUCTURE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX DANS LES PLANTATIONS D'*ACACIA SENEGAL* (L.) WILLD DANS LA ZONE DE DAHRA (FERLO, SÉNÉGAL)

Aly DIALLO¹, Madiara Ngom FAYE¹ & Aliou GUISSÉ^{1,2,*}

SUMMARY. — *Woody stand structure in plantations of Acacia senegal (L.) Willd in Dahra area (Ferlo, Senegal).* — The present study gives an up-to-date inventory of natural woody stands in plantations of *Acacia senegal* (L.) Willd in Ferlo. It aims at determining the structure, specific composition and regeneration of woody stands in plantations of *Acacia senegal*. Four sites were retained for study: *Acacia senegal* plantations Ndodj 2001, Isra 1999, Boulal 2004 and Déali 2005, distributed along an increasing pluviometric gradient, with different topographic characteristics and protection status. Woody stands were characterized by dendrometric measurements. Woody plants belong to 12 species representing 10 genera and 7 families. The very high mortality rate observed on dunes would be linked to poor water availability. Regeneration appeared significant in hollows (Isra), especially concerning *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam and *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. It was also relatively important at Boulal where livestock is rather infrequent, as in Isra. On the other hand in Déali, regeneration was important at the top of the dunes with *Calotropis procera* Ait. and weak in hollows, areas frequented by the cattle. Compared to Ndodj, Boulal was characterized by a relatively high regeneration. This situation could be explained by the fact that Isra and Boulal are more protected than Déali which is much attended by the cattle. In Ndodj, we noted that plants are subject to attacks by termites what explains the high mortality rates observed in this site. *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* and *Calotropis procera* are at the origin of the increase of the number of individuals in the stand, whereas *Acacia senegal* shows a weak regeneration. This weak regeneration of *Acacia senegal* would be linked to the systematic gathering and collecting of fruits, abundantly used to feed domestic animals, but also at certain places to stripping and repetitive bleedings. As far as plant circumference and height are concerned, the observed distribution was unimodal for the shrub layer, except in hollows at Isra where it was bimodal in the shrubby as well as the arborescent layers. Field observations and obtained results show that floristic variability was more marked at Isra than at Déali (strong pressure of the cattle). The structure of the woody stand appeared strongly dependent on topography, moisture gradient and anthropic pressure.

RÉSUMÉ. — La présente étude a pour but de faire l'état des lieux de la végétation naturelle et des plantations d'*Acacia senegal* (L.) Willd dans le Ferlo. Elle vise à déterminer la structure, la composition spécifique et la régénération des peuplements ligneux dans ces plantations. Quatre sites ont été retenus pour notre étude : les plantations d'*Acacia senegal* Ndodj 2001, Isra 1999, Boulal 2004 et Déali 2005, distribuées le long d'un gradient pluviométrique croissant, avec des caractéristiques topographiques et des statuts de protection différents. Nous avons procédé à la caractérisation des peuplements ligneux par des relevés dendrométriques. La flore ligneuse dans ces quatre plantations est riche de 12 espèces réparties en 10 genres et 7 familles. La mortalité d'*Acacia senegal*, très élevée, observée sur les dunes serait liée à l'indisponibilité de l'eau. La régénération des peuplements ligneux est apparue importante dans les bas-fonds (Isra) où elle est surtout assurée par *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. La régénération était aussi relativement élevée à Boulal où comme à Isra la fréquentation du bétail est modérée. Par contre à Déali, la régénération s'est avérée forte sur les sommets des dunes avec *Calotropis procera* Ait. et faible dans les bas-fonds, zones de parcours du bétail. Comparativement à Ndodj, Boulal se caractérisait par une forte régénération, situation pouvant s'expliquer par le fait qu'Isra et Boulal sont mieux protégées que Déali qui est plus fréquentée par le bétail. À Ndodj, les individus font l'objet d'attaques par les termites ; ce qui

¹ Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005. Dakar-Fann, Sénégal

² Observatoire Homme Milieu, Tessekéré (Ferlo)

* Auteur correspondant : E-mail : alguisse@orange.sn

expliquerait la forte mortalité d'*Acacia senegal* observés dans ce site. *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis* et *Calotropis procera* sont à l'origine de l'accroissement de l'effectif des individus du peuplement à Isra, alors qu'*Acacia senegal* présente un faible taux de régénération. La faible régénération d'*Acacia senegal* serait liée à la cueillette et aux ramassages systématiques des fruits de l'espèce, utilisés abondamment dans l'alimentation du bétail ; mais aussi à certains endroits à l'ébranchage et aux saignées répétitives. Pour ce qui concerne la circonférence et la hauteur des individus, la distribution observée est apparue unimodale au niveau de la strate arbustive, à l'exception des bas-fonds à Isra où elle s'est avérée bimodale aussi bien dans la strate arbustive que dans la strate arborée. Les observations faites sur le terrain et les résultats obtenus montrent que la variabilité floristique est beaucoup plus marquée à Isra qu'à Déali (forte pression du bétail). La structure des peuplements ligneux apparaît fortement tributaire de la topographie, du gradient d'humidité et de la pression anthropique.

À l'image des autres écosystèmes sahéliens le Ferlo subit une forte dégradation des ses ressources végétales et pédologiques en raison de la péjoration climatique et de la forte anthropisation. Cette situation est préjudiciable à l'économie et aux conditions de vie des populations (Diouf *et al.*, 2002).

La végétation et les sols des écosystèmes sahéliens ont fait l'objet de nombreuses recherches, notamment en matière d'inventaire floristique, de typologie et de cartographie (Bourlière, 1978 ; Barry *et al.*, 1983 ; Chevallier *et al.*, 1985 ; Grouzis, 1988 ; Barral *et al.*, 1983 ; Penning De Vries & Djiteye, 1982).

Bien que la variabilité caractéristique du milieu sahélien soit peu connue, des recherches ont mis en évidence des variations de la structure spécifique de la végétation en relation avec les conditions édapho-climatiques (Bille, 1977 ; Cornet, 1981 ; Barral *et al.*, 1983), des fluctuations spatio-temporelles des cycles de production (Grouzis, 1988) et des mécanismes responsables de la mise en place du peuplement herbacé (Cisse, 1986 ; Grouzis *et al.*, 1986 ; Carrière, 1989), ou les déterminismes hydriques (Cornet, 1981) et trophiques (Penning De Vries & Djiteye, 1982) de la production végétale à partir desquels des modèles de production des pâturages ont été proposés (Rambal & Cornet, 1982 ; Hiernaux, 1984 ; Penning De Vries & Djiteye, 1982). La phénologie des ligneux a été reliée aux variations des conditions écologiques (Poupon, 1980 ; Grouzis & Scot, 1980) et la productivité d'un certain nombre d'espèces ligneuses a été évaluée (Poupon, 1980 ; Toutain *et al.*, 1983).

Pour Akpo et Grouzis (1996) une meilleure gestion des réserves sylvo-pastorales nécessiterait la restauration ou la réhabilitation des écosystèmes dégradés (Akpo & Grouzis, 1996). Celles-ci doivent reposer sur la connaissance de l'état actuel de ces ressources. Cette connaissance permettra de mieux concilier les nécessités de la production herbacée (cultures, espèces pastorales) et la stabilité du milieu et des peuplements ligneux (Menaut, 1983).

Nous avons donc mené cette étude dans le but de faire un état des lieux des ressources végétales par la caractérisation des peuplements ligneux dans les plantations d'*Acacia senegal* de la zone de Dahra. Notre étude vise à vérifier l'hypothèse selon laquelle la structure et le renouvellement de ces peuplements ligneux seraient fonction des caractéristiques géomorphologiques, d'humidité et de protection du site.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans la partie sud du Ferlo sableux, à Dahra (15° 20'N et 15° 28' O), localité située à environ 270 km au nord-est de Dakar et à 50 km à l'ouest de Linguère. Dahra est une des communes du département de Linguère. Au cours d'une mission de prospection, quatre sites ont été retenus. Il s'agit des plantations Isra 1999 qui se situe dans le centre de recherche zootechnique de Dahra (CRZ) à une dizaine de kilomètres à l'est de la ville, Ndoj 2001 à environ 24 km au nord-est, Boulal 2004 à 20 km à l'ouest et Déali 2005 à environ 45 km au sud-ouest (Fig. 1). L'effet de la topographie sur la composition et la structure des peuplements ligneux a été étudié en comparant les positions de dunes et de bas-fonds dans les sites Isra et Déali caractérisés par une alternance de dunes, de dépressions et de zones de replat. Si Ndoj se caractérise par un relief plat, Boulal est par contre marqué par de petites dépressions interdunaires. L'effet

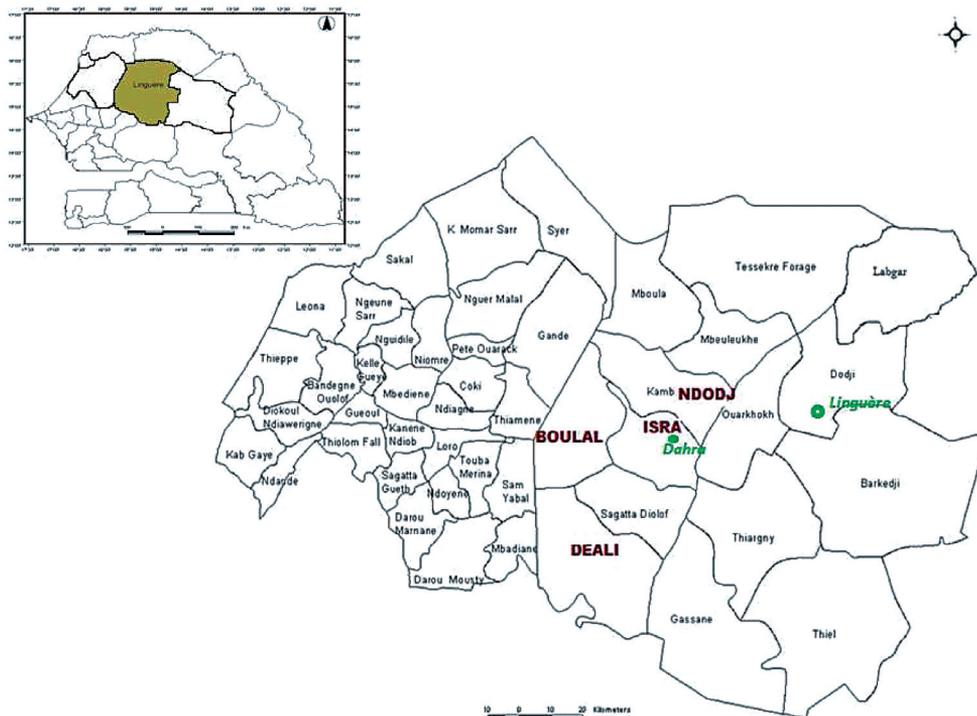


Figure 1. — Carte de situation de Linguère et des sites étudiés au Sénégal (PEPAM, 2007).

de l'humidité (climat) a été évalué par comparaison de certains sites du nord (Ndodj par exemple) avec ceux du sud (Isra par exemple). Pour étudier l'effet de ce facteur, nous avons retenu Ndodj et Isra pour leur pluviométrie respectivement faible et relativement élevée (entre 2001 et 2005, la pluviosité moyenne a été de 202 mm, par contre à Isra elle a été de 293 mm). Par ailleurs l'effet de la protection intégrale a été évalué dans les sites dont certains, malgré la mise en défens, ne bénéficient pas d'une protection intégrale (surveillance régulière) comme c'est le cas à Déali qui est une zone de parcours. L'accès aux plantations Isra et Boulal est limité tandis que Ndodj est partiellement protégé.

Cette zone fait partie d'un ensemble dunaire fortement érodé, au relief très faible, où Valenza & Diallo (1972) distinguent sept formations pédologiques, treize groupements et quarante-huit parcours botaniques, constitués de plusieurs faciès. Ces formations de dunes de sables se caractérisent par un ensemble de rides asymétriques séparées par des dépressions longitudinales à sol sablo-argileux grisâtre localement calcaire et à sol hydromorphe à engorgement temporaire (Michel, 1969). Quatre groupes de sols sont répertoriés : les sols ferrugineux tropicaux, les sols hydromorphes et les régosols et lithosols sur cuirasse (CSE, 2002).

Le climat est de type sahélien ; la température moyenne annuelle est de 28,6° C et les températures moyennes mensuelles minimale et maximale sont respectivement de 24,4° C (janvier) et 32,3° C (mai). Depuis 1970, il y a une tendance à la hausse des températures de 0,1 à 1,8° C (CSE, 2002). Le régime pluviométrique se situe entre les isohyètes 100 et 500 mm. La pluviosité moyenne de la station de référence (Linguère) est de 282 mm, avec un coefficient de variation de 37 %. Comme d'autres zones sahéliennes, Linguère se caractérise par un déficit pluviométrique particulièrement sévère depuis 1970 (UICN, 1989 ; CSE 2002). En 2005, la pluviométrie a été de 235 mm dont 80 % pour les mois de juillet et août. Les pluies s'étendent en effet de juin à octobre (Fig. 2) et, dans l'année, on distingue classiquement deux périodes : une période sèche de sept à neuf mois (octobre à mai) et une saison des pluies de trois à cinq mois. Le gradient pluviométrique croît du nord (Ndodj) vers le sud (Déali), avec une forte variabilité interannuelle (Fig. 3).

D'après les enquêtes menées par Barral et al. (1983), la végétation du Ferlo aurait été constituée par une savane soudanaise fortement boisée où poussaient des herbes vivaces jusque dans les années 1970. La zone s'est sahélysée à cause des déficits pluviométriques successifs. En fin de saison des pluies, la végétation se présente sous la forme d'un tapis herbacé continu piqué d'arbres et d'arbustes, fréquemment épineux et ne formant jamais de strate continue. De nombreuses espèces ligneuses telles que *Terminalia avicennoides*, *Sterculia setigera*, *Sclerocarya birrea* ou *Combretum glutinosum* n'apparaissent plus que sous forme d'individus morts sur pied ou se sont raréfiées, par contre d'autres espèces sont restées stables ou sont en extension, il s'agit de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Boscia senegalensis*. Beaucoup d'espèces herbacées à affinité soudanaise ont nettement régressé tandis que d'autres plus saharo-sahéliennes ont profité de la sécheresse pour s'étendre. Le pâturage et l'ébranchage, pratiqués de manière excessive, ont en outre accentué les effets de la sécheresse.

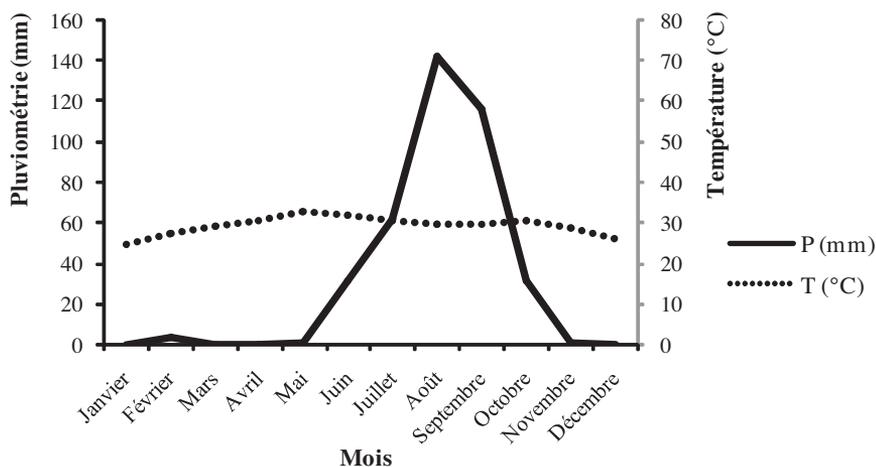


Figure 2. — Diagramme ombrothermique de Dahra de 1987 à 2005 (station de Linguère).

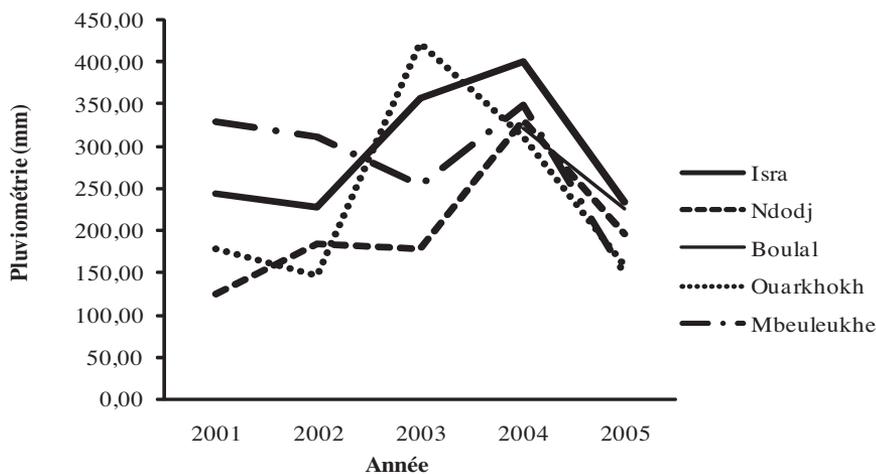


Figure 3. — Variabilité pluviométrique dans différentes plantations d'*Acacia senegal* de Dahra (2001 à 2005).

MÉTHODES D'ÉTUDE

Pour apprécier l'état actuel des peuplements ligneux dans les plantations d'*Acacia senegal*, nous avons identifié et inventorié les régénérations et examiné les caractéristiques de l'ensemble de la végétation ligneuse (composition, importance des espèces et structure).

Les échantillons étudiés sont issus de plantations dans lesquelles les individus ont à peu près le même âge. Les relevés floristiques sont constitués au total d'une vingtaine de placeaux carrés de 625 m² de surface chacun (Richter *et al.*, 1953 ; Parde, 1961). Ils sont répartis au hasard dans les quatre plantations en fonction des unités géomorphologiques (replat, dépression et dune) à raison de trois placeaux par unité. Au niveau de chaque placeau, la liste floristique des ligneux a été établie et la dénomination des espèces a été faite sur la base de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et du catalogue des plantes vasculaires du Sénégal (Lebrun, 1973). Les synonymes ont été actualisés sur la base de l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique (Lebrun & Stork, 1991, 1992, 1995, 1997).

Dans chaque placeau, un comptage exhaustif de tous les individus a été réalisé. Pour chaque individu, les mesures ont porté sur la hauteur pour établir la structure du peuplement, le diamètre du houppier pour évaluer le recouvrement, la distance entre deux individus par la méthode du plus proche individu (P.P.I.) pour décrire la distribution, et la circonférence du tronc à la base soit à 30 cm du sol pour estimer la surface terrière. Les données recueillies ont été gérées et traitées avec le tableur Excel afin de rechercher les paramètres de structure (densité, surface terrière, surface de couronne, distribution).

Deux types de densité ont été déterminés :
 - La densité réelle qui correspond au nombre réel d'arbres sur la parcelle, ramené à l'hectare ;
 - La densité théorique, la plus souvent utilisée, calculée en fonction de l'espacement entre les rangées d'arbres et l'espacement au sein des rangées d'arbres. Elle ne tient pas compte d'éventuelles irrégularités sur la parcelle, ni de la présence de zones sans arbres. Le calcul de la densité théorique se fait par le rapport de la surface d'un hectare (en m²) sur le carré de la distance moyenne entre les arbres (Gning, 2008) :

$$\text{Densité théorique} = \frac{10\,000}{(Dm)^2}$$

Dm = distance moyenne entre les arbres.

Lorsque la densité réelle est inférieure à la densité théorique, la parcelle est irrégulière et comporte des zones sans arbres.

La surface terrière, appelée aussi recouvrement basal, est la somme des surfaces des troncs des arbres à 0,30 m. Selon Rondeux (1993), la surface terrière peut être estimée en considérant que les sections des tiges sont circulaires. Elle s'exprime par unité de surface (m²) et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$St = \sum_{k=1}^n \frac{C^2}{4\pi}$$

S_t = surface terrière exprimée en m²/ha.

C = circonférence à 30 cm du sol des individus, mesurée en mètre.

Le recouvrement du peuplement est la somme des surfaces de la couronne de tous les individus du peuplement. Cette surface est obtenue à l'aide du diamètre moyen du feuillage de l'arbre assimilé à un cercle par projection sur le sol. Elle est obtenue par la formule suivante (Rondeux, 1993) :

$$S_c = \sum \frac{\pi \times D^2}{4}$$

S_c = surface de la couronne en (m²/ha) ; D = moyenne des diamètres Est/Ouest et Nord/Sud.

Le traitement des données de circonférence à 0,30 m du sol et de hauteur totale donne des histogrammes qui illustrent la répartition des individus en fonction de ces paramètres. Cela permet de voir les classes de circonférence et celles des hauteurs les plus fréquentes dans le but d'apprécier la nature du peuplement (arbustive ou arborée). Touffet (1982) appelle « arbustes » les individus adultes dont la hauteur ne dépasse pas 7 m et « arbres » ceux dont la hauteur dépasse cette mesure.

Pour les pieds des ligneux considérés comme des régénérations (diamètre à 0,30 m du sol inférieur à 10 cm) nous procédons à un comptage et construisons un histogramme.

RÉSULTATS

ÉTAT ACTUEL DU PEUPEMENT LIGNEUX

Composition

La flore recensée dans ces quatre plantations comportait 12 espèces réparties en 10 genres et 7 familles (Tab. I). Les Fabacées sont représentées par cinq espèces [*Acacia senegal* (L.) Del., *Acacia tortilis* (Forst.) Hyane subsp. *raddiana* (savi) Brenan var *raddiana*, *Acacia seyal* Del., *Bauhinia rufescens* Lam et *Desmodium velutinum* (Willd.) DC]. Les Capparacées sont représentées par deux espèces [*Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. Ex. Poir et *Capparis decidua* (Forsk.)]. Toutes les autres familles ne sont représentées que par une seule espèce.

Au sein de ces plantations à *Acacia senegal*, *Balanites aegyptiaca* (L.), *Acacia raddiana*, *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* (Ait. R. Br.) et *Acacia seyal* sont respectivement présents dans 52,4 %, 28,6 %, 19,0 % et 14,3 % des placeaux. Les autres espèces sont rencontrées dans moins de 10,0 % des relevés.

Importance spécifique

Dans les 21 placeaux d'inventaire, 666 individus ont été recensés. À Isra, 185 et 106 individus ont été recensés respectivement dans les bas-fonds et dans les zones dunaires. À Déali, sur les dunes, dans les bas-fonds et dans les zones de replat respectivement 63, 71 et 77 individus ont été dénombrés. Enfin, 79 et 85 individus ont été respectivement recensés à Ndjodj et Boulal. *Acacia senegal* représente plus de 80 % de l'effectif des ligneux recensés et

TABLEAU I

La flore ligneuse inventoriée en fonction des différentes plantations

Familles	1	2	3	4	Espèces
<i>Apocynaceae</i>		+	+	+	<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton
<i>Balanitaceae</i>	+	+	+	+	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del
<i>Capparaceae</i>	+				<i>Capparis decidua</i> (Forssk.) Edgew. <i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam,
<i>Combretaceae</i>	+				<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel
<i>Fabaceae</i>	+	+	+	+	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd, <i>Acacia seyal</i> Del, <i>Acacia tortilis</i> (Forst.) Hyane subsp. <i>raddiana</i> (savi) <i>Bauhinia rufescens</i> Lam, <i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC
<i>Moraceae</i>	+				<i>Ficus vogelii</i> (Miq.) Miq.
<i>Tiliaceae</i>	+				<i>Grewia bicolor</i> Juss.

(1 : Isra ; 2 : Ndodj ; 3 : Boulal ; 4 : Déali ; le signe + indique la présence de l'espèce sur le site)

constitue l'essentiel des individus dans les zones dunaires et les versants. *Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* avec respectivement 8 % et 7 % sont bien représentés dans les zones de bas-fonds en particulier à Isra.

La densité moyenne est de 492 individus à l'hectare ; 398 pour *Acacia senegal*, 38 pour *Boscia senegalensis*, 32 pour *Balanites aegyptiaca* et 11 pour *Calotropis procera* et *Acacia raddiana*. Pour les autres espèces, elle est de l'ordre de 2 individus à l'hectare. La densité (théorique ou réelle) varie d'un site à un autre, et entre les unités topographiques au sein d'un même site (Tab. II). La densité réelle est inférieure à la densité théorique ce qui traduit l'existence, dans ces plantations, de zones sans couvert ligneux.

La distance moyenne entre deux arbres est de 4,8 m avec un coefficient de variation (Cv) de 57,3 %. Ce coefficient de variation élevé reflète une agrégation des individus sous forme de bosquets, notamment dans les dépressions.

Recouvrement

La surface terrière varie suivant les sites et les unités topographiques (Tab. II) : à Isra, elle est plus importante dans les bas-fonds que sur les dunes ; à Déali, elle diminue lorsqu'on va des zones de replat vers les dunes en passant par les bas-fonds ; elle est la plus faible (si l'on excepte les dunes de Déali) à Ndodj et à Boulal.

TABLEAU II

Variation des variables de peuplement en fonction des sites et des unités topographiques

Paramètres écologiques	ISRA		NDODJ	BOULAL	DEALI		
	Dune	Bas-fond	Replat	Dunes (avec de petites dépressions)	Replat	Bas-fond	Dune
Densité théorique (ind/ha)	625	749	402	353	383	406	342
Densité réelle (ind/ha)	553	652	384	345	345	351	252
Surface terrière (m ² /ha)	5,77	9,29	3,51	4,06	6,97	5,77	1,1
Recouvrement aérien (m ² /ha)	5574,2	10436,6	2797,9	4514,8	3534,5	3752	916,6

L'aire de projection au sol de la couronne des ligneux varie aussi d'un site à l'autre et d'une unité topographique à l'autre (Tab. II). À Isra, elle est presque de 100 % dans les bas-fonds mais de 56 % au niveau des dunes. À Déali, elle est de 38 % dans les bas-fonds, 35 % au niveau des zones de replat et seulement 9 % sur les dunes. À Isra, *Acacia senegal* recouvre 95,5 % dans les bas-fonds mais 100 % sur les dunes. À Déali, il recouvre 96 % dans les bas-fonds et 99 % dans les zones dunaires et de replat. Il recouvre 98 % à Boulal et 99 % à Ndj.

STRUCTURE DU PEUPEMENT

Distribution des circonférences

La distribution des individus par classe de circonférence est, dans l'ensemble, unimodale dans la plantation d'Isra (Fig. 4). Les classes de moins de 50 cm de circonférence renferment 87,1 % des individus sur les dunes et 73,1 % dans les bas-fonds. Les plus petites classes renferment le plus grand nombre d'individus. Sur les dunes, les classes 20-30 cm et 30-40 cm sont les plus importantes avec chacune environ 28 % des individus, vient ensuite la classe de 40-50 cm avec 22 %. Les classes de plus de 50 cm ne sont pas suffisamment représentées (environ 12 %). Dans les bas-fonds, la classe 20-30 cm est la plus représentée avec environ 24 %. Les gros individus (classes supérieures à 50 cm) ne représentent que 27 %.

Dans la plantation de Ndj, les classes de moins de 50 cm contiennent l'essentiel des individus soit 94 % ; *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana* se retrouvent respectivement dans les classes 10-20, 40-50 cm et 20-30 cm (Fig. 5). La classe 20-30 cm est la plus représentée avec 30 % des individus, puis la classe 30-40 cm avec 29 %, ensuite la classe 40-50 cm avec 21 %. Les gros individus sont très faiblement représentés. La distribution des individus par classe de circonférence dans cette plantation est unimodale.

La distribution des ligneux à Boulal montre que les classes inférieures à 50 cm renferment 79 % des individus soit moins que ce qui est observé à Ndj (Fig. 5). *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana* se retrouvent respectivement dans les classes 10-20 cm (2 %) et 20-30 cm (3 %). La classe la plus importante est celle de 20-30 cm avec 27 % des individus suivie de celle de 10-20 cm avec 22 %. Les gros individus ne font que 21 % et se retrouvent surtout dans la classe 60-70 cm (environ 10 %). Ils sont rencontrés sur de petites dépressions interdunaires.

La distribution des individus à Déali montre que les classes de moins de 50 cm renferment 55 % des individus au niveau des zones de replat, 63 % dans les bas-fonds et 98 % sur les dunes (Fig. 6). Sur ces dernières, la classe 10-20 cm est la plus représentée avec 46 % et la classe 20-30 cm avec 35 % ; les gros individus sont inexistant. Au niveau des bas-fonds, la classe la plus représentative est celle de 30-40 cm avec comme espèces *Acacia senegal* (22 %)

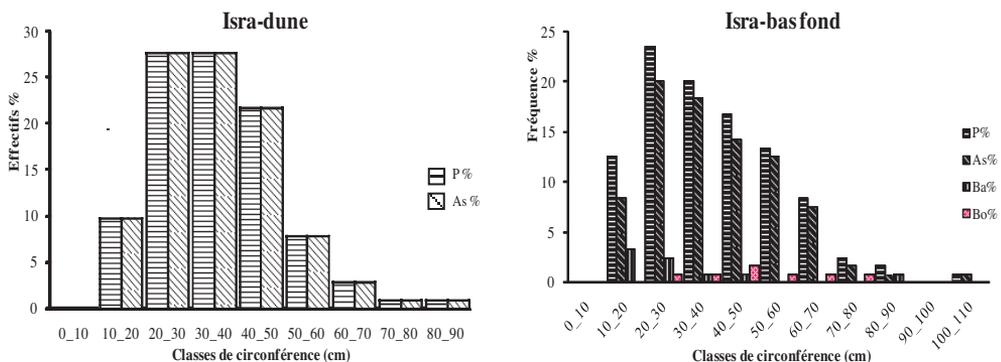


Figure 4. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de circonférence en fonction des unités géomorphologiques dans la plantation Isra 1999 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca* et Bo = *Boscia senegalensis*).

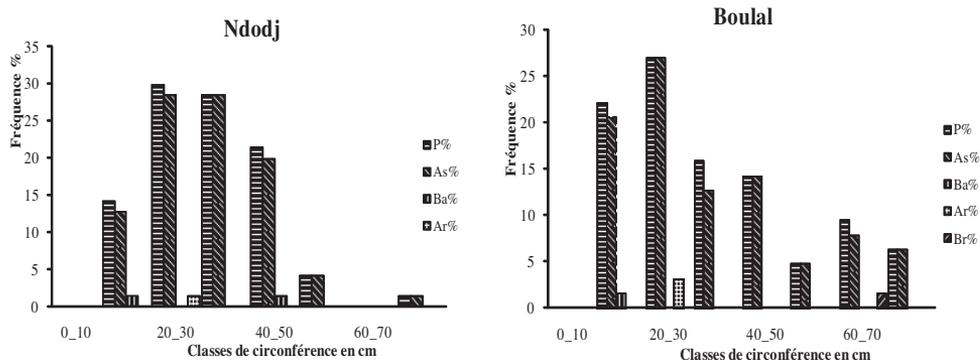


Figure 5. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de circonférence dans les plantations de Ndoj 2001 et de Boulal 2004 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca*, Ar = *Acacia raddiana* et Fv = *Ficus vogelii*).

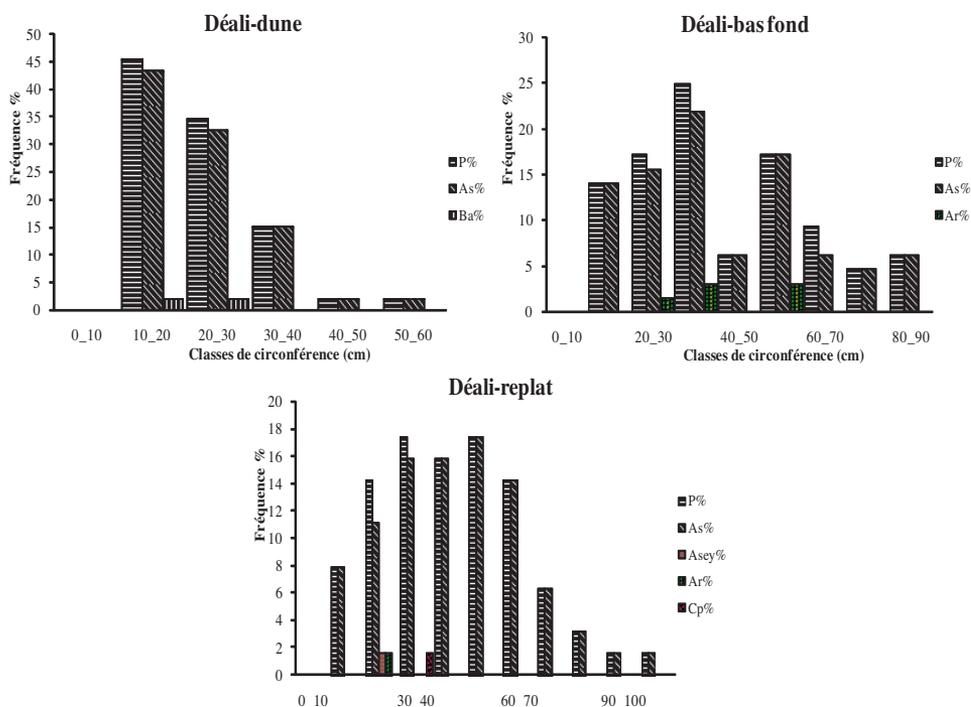


Figure 6. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de circonférence en fonction des unités géomorphologiques dans la plantation de Déali 2005 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca*, Ar = *Acacia raddiana*, Asey = *Acacia seyal* et Cp = *Calotropis procera*).

et *Acacia raddiana* (3 %). Les gros individus sont relativement bien représentés, environ 37 % avec comme classe la plus importante celle de 50-70 cm représentant 26 %. La distribution est bimodale. Enfin, dans les zones de replat, les individus sont distribués dans toutes les classes de 10 à 110 cm ; les gros individus forment 45 %. La distribution des individus est hétérogène. *Acacia raddiana* et *Acacia seyal* se retrouvent dans la classe 20-30 cm (3 %) et *Calotropis procera* dans la classe 30-40 cm (2 %).

En comparant les plantations d'Isra et de Ndoj qui sont les plus âgées, celle de Ndoj, localisée au nord dans une zone à faible pluviométrie, est marquée par l'importance des indi-

vidus de faible circonférence. Et plus on va vers le sud et plus l'effectif des gros individus augmente sur les mêmes types d'unités topographiques.

Distribution des hauteurs

La distribution des individus par classe de hauteur est unimodale sur les dunes. Dans la plantation d'Isra (Fig. 7), les individus ont des hauteurs inférieures à 4 m ; la classe de hauteur la plus représentée est celle de 2-3 m (28 %). À Déali, les individus ont une hauteur inférieure à 3 m ; c'est la classe 1-2 m qui est la plus importante avec 71,7 %.

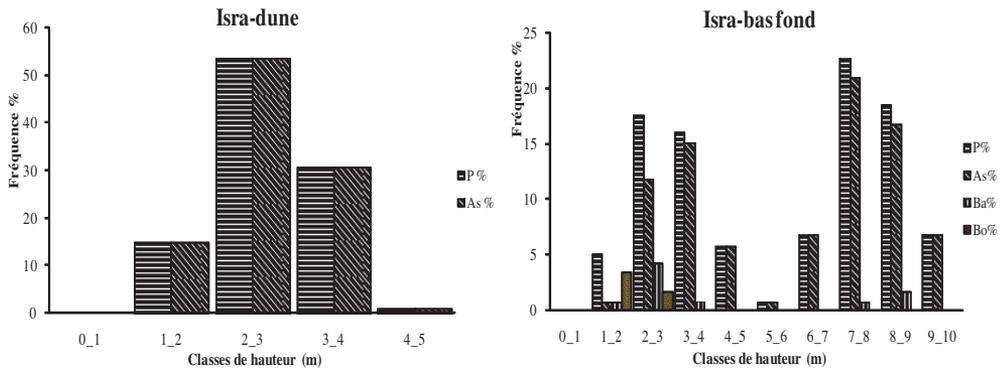


Figure 7. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de hauteur en fonction des unités géomorphologiques dans la plantation d'Isra 1999 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca* et Bo = *Boscia senegalensis*).

Dans les zones de replat, on observe la même tendance. À Ndjodj, la hauteur des individus est inférieure à 3,5 m et l'essentiel des individus se trouve dans la classe de hauteur 2-3 m, environ 58,5 %. Par contre à Déali, la hauteur varie entre 0,5 et 8,5 m mais 95,2 % des individus ont une hauteur inférieure à 7 m avec un pic se situant dans la classe 2-3 m (38 %). Les arbres sont faiblement représentés, la hauteur la plus importante est de 7-8 m (3,2 %). La distribution des individus dans la plantation de Ndjodj et celle de Déali plus jeune, montre que l'humidité climatique a un effet très marqué sur la croissance des individus.

Contrairement à Déali et Ndjodj, la distribution présente trois modes à Boulal, avec des pics dans les classes 2-3 m (20,5 %), 4-5 m (17,5 %) et 8-9 m (12,7 %) ; les individus de grande taille sont relativement bien représentés avec des hauteurs comprises entre 7 et 9 m (20,7 %) ; ils sont concentrés dans de petites dépressions entourées de dunes (Fig. 8).

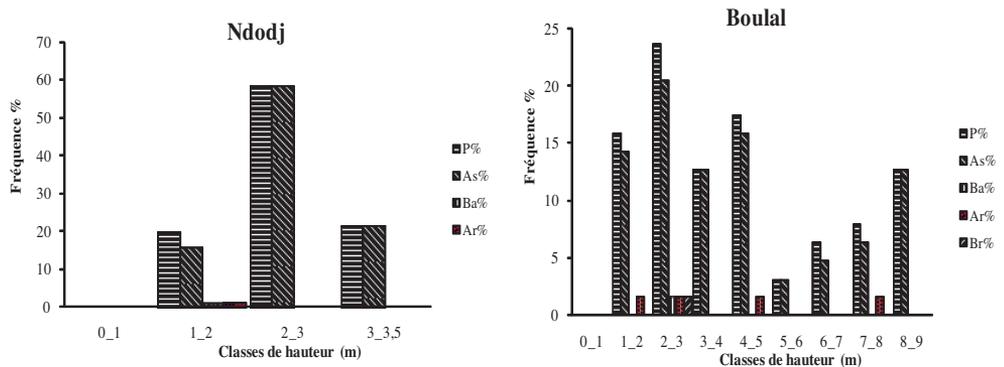


Figure 8. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de hauteur dans les plantations de Ndjodj 2001 et de Boulal 2004 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca*, Ar = *Acacia raddiana* et Fv = *Ficus vogelii*).

Dans les bas-fonds, la distribution est bimodale à Isra (Fig. 7) avec un premier pic à la classe 3-3 m (17,6 %) et un deuxième à la classe 7-8 m (22,7 %). Les individus de grande taille représentent 55 %. Par contre, à Déali la distribution est unimodale et montre un pic dans la classe de hauteur 2-3 m avec 42,7 % des individus. Les individus de grande taille sont presque inexistantes (Fig. 9).

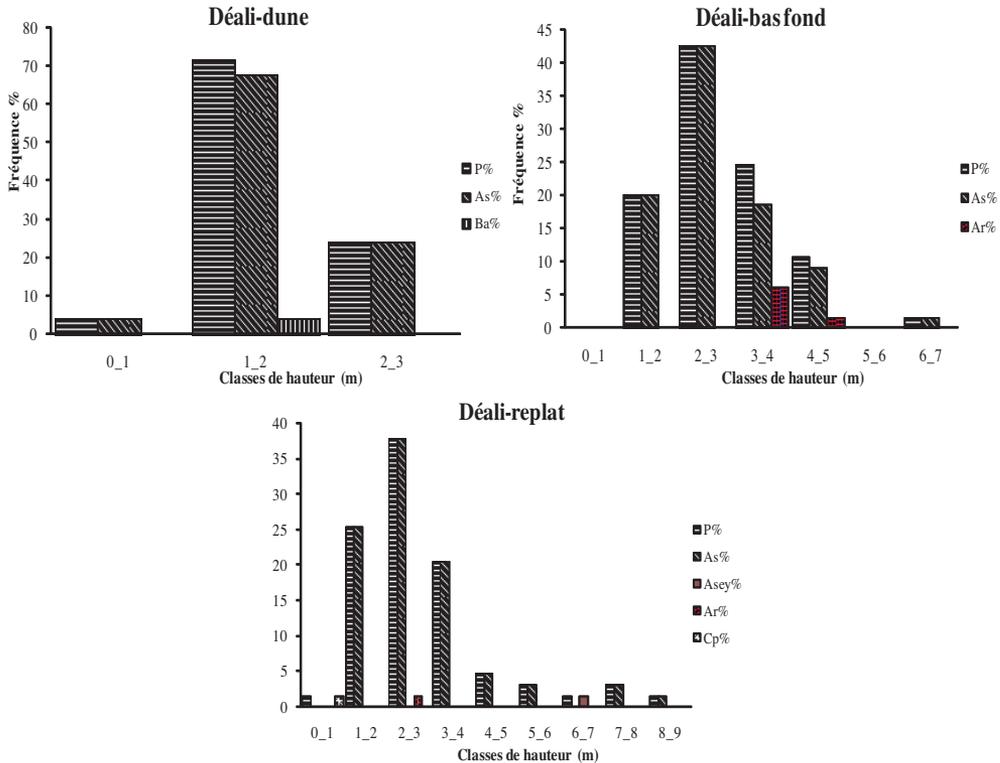


Figure 9. — Répartition des fréquences (%) de la végétation ligneuse par classes de hauteur en fonction des unités géomorphologiques dans la plantation de Déali 2005 (P = peuplement, As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca*, Ar = *Acacia raddiana*, Asey = *Acacia seyal* et Cp = *Calotropis procera*).

Régénération du peuplement

La figure 10a montre que le nombre de rejets le plus important est observé à Isra dans les bas-fonds. Par contre, la plus faible régénération est observée, toujours dans ce même site, sur les dunes. Contrairement à Isra, Déali présente une régénération plus élevée sur les dunes et dans les zones de replat, mais faible dans les bas-fonds. Boulal comparé à Ndoj se caractérise par une régénération relativement élevée.

À propos des individus morts sur pieds, nous constatons que la mortalité est très élevée dans certains sites, surtout sur les dunes ; le plus grand nombre d'individus morts sur pieds est observé sur les dunes à Déali et à Isra.

La figure 10b montre que *Boscia senegalensis* présente la fréquence de renouvellement la plus élevée (59 %), suivi de *Balanites aegyptiaca* (18 %) dans les bas-fonds à Isra ; par contre le renouvellement d'*Acacia senegal* est y très faible. *Acacia senegal* régénère mieux dans les zones dunaires et de replat notamment à Ndoj, Boulal et Déali. *Calotropis procera* présente une régénération assez importante à Ndoj et à Déali.

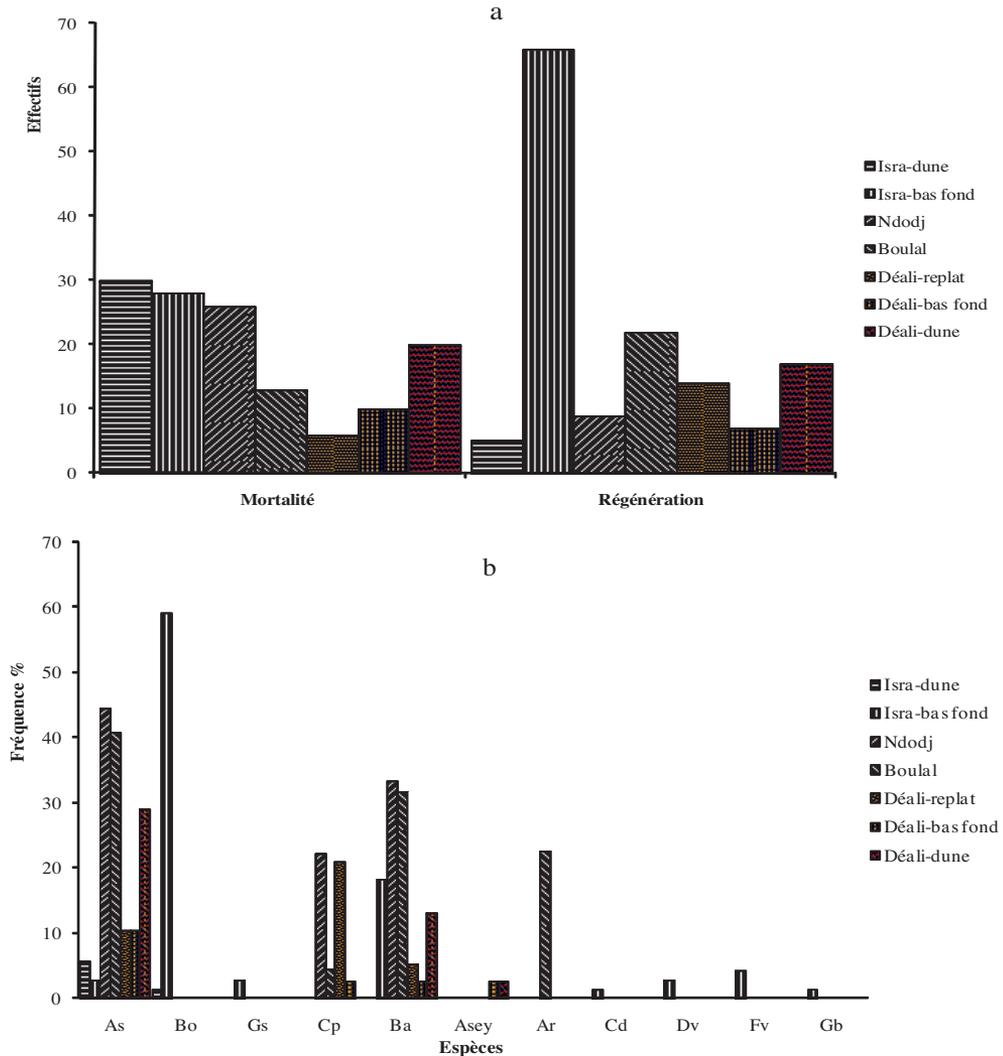


Figure 10. —Régénération et mortalité de la végétation ligneuse dans les différents sites de la zone d'étude. (a) Mortalité et régénération du peuplement ligneux. (b) Fréquence de régénération de chaque espèce. As = *Acacia senegal*, Ba = *Balanites aegyptiaca*, Bo = *Boscia senegalensis*, Ar = *Acacia raddiana*, Asey = *Acacia seyal*, Gs = *Guiera senegalensis*, Cp = *Calotropis procera*, Cd = *Capparis decidua*, Dv = *Desmodium velutinum*, Fv = *Ficus vogelii* et Gb = *Grevia bicolor*.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce travail qui a porté sur l'étude de la végétation ligneuse dans les plantations d'*Acacia senegal* au Ferlo dans le Nord-Sénégal a révélé une flore ligneuse riche de 12 espèces réparties en 10 genres et 7 familles. Les peuplements ligneux dans ces différentes plantations sont caractérisés par une densité, une surface terrière et un recouvrement élevés dans les bas-fonds, surtout à Isra, et faibles sur les dunes, surtout à Déali. La distance entre individus varie de 4 m (Isra) à 5 m (Déali, Ndodj et Boulal).

Acacia senegal, *Balanites aegyptiaca* et *Acacia raddiana* sont les espèces les plus fréquentes. La densité, la surface terrière et le recouvrement d'*Acacia senegal* sont plus élevés dans les zones dépressionnaires. La quasi-totalité des gros individus des peuplements est

représentée par *Acacia senegal*. La présence d'individus épars ou disséminés surtout au niveau des dunes et des zones de replat montre que la végétation s'y développe dans des conditions climatiques difficiles, aggravées parfois par une action anthropique intense (Cornet & Poupon, 1978).

L'absence d'un nombre important de jeunes plants notée chez *Acacia senegal* serait liée à l'utilisation des graines et des fruits dans l'alimentation du bétail (Tybirk, 1991) et/ou à l'utilisation du stock d'eau disponible par les graminées de telle sorte que les individus aux stades jeunes plants ne peuvent pas survivre durant la saison sèche (Sharman, 1987). À cela s'ajoute la sélection des jeunes plants par le pâturage et l'influence du broutage sur le taux de croissance des jeunes arbres (Miehe, 1990). Les jeunes plants des ligneux tels que *Boscia senegalensis*, *Calotropis procera* et *Balanites aegyptiaca* paraissent résistants aux contraintes du milieu car ils parviennent à survivre après la saison des pluies. Le taux de régénération de *Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* plus important pourrait être lié à leur forte adaptabilité aux conditions de sécheresse. Ces résultats corroborent ceux de Floret & Pontanier (1984) qui stipulent qu'une modification de la flore dans le sens d'une invasion d'espèces considérées comme désertiques est possible suite à une augmentation rapide de l'érosion (donc de l'aridité) à plus grande échelle. La présence de certaines espèces telles que *Calotropis procera* et *Balanites aegyptiaca* dans certaines plantations traduit un état de dégradation poussée du milieu (White, 1986 ; Ozer *et al.* 2007). La présence de *Calotropis procera* n'est donc que le signe d'une dégradation accrue de l'environnement, et son extension dans certaines plantations comme Déali et Ndodj est due au seul fait qu'elle est peu appréciée par le cheptel et qu'elle ne peut constituer une source de bois de feu pour les populations du fait de son très faible pouvoir calorifique.

La mortalité élevée observée surtout au niveau des zones dunaires dans les quatre premières classes de circonférence pourrait être liée aux contraintes du milieu telles que l'aridité et la pression croissante du bétail (Cornet & Poupon, 1978 ; Sharman, 1987 ; Miehe, 1990). Cette pression du bétail est fortement ressentie à Déali qui est une zone de parcours comparée à Isra qui bénéficie d'une protection intégrale. Dans les classes supérieures les individus sont exploités pour le charbon et le bois de feu. Dans les sites comme Isra et Ndodj, ils sont exploités pour la production de gomme. C'est aussi dans ce groupe que les bergers récupèrent le fourrage aérien pour leur bétail en saison sèche. Selon Bolyn *et al.* (1992), la disparition des espèces est à mettre en corrélation avec les coupes fréquentes, la mortalité des arbres de gros diamètres, l'augmentation de la population et l'accroissement correspondant des besoins en bois, la faible résistance ou adaptation des essences à des facteurs de sécheresses répétées.

En comparant les données dendrométriques des différents peuplements, on constate que les dimensions des sujets croissent globalement du sommet dunaire vers la dépression interdunaire et que les arbres des replats ont des mensurations intermédiaires. Les hauteurs et les circonférences peuvent varier du simple au double entre les deux situations extrêmes. Dans ces plantations, les individus les plus chétifs sont observés en sommet des dunes, et inversement les individus les plus grands sont rencontrés dans les dépressions interdunaires.

Les classes de circonférence qui dominent les peuplements caractérisent les formations végétales sahéliennes. Les arbres de gros diamètres sont rares. Cette rareté traduit l'incapacité des arbres à croître normalement en épaisseur suite aux déficits hydriques cumulés.

La hauteur de la strate ligneuse varie en général entre 2 et 6 m et atteint rarement les 7 m dans les zones de replat et sur les dunes. Cette hauteur caractérise la végétation sahélienne essentiellement arbustive. Mais, en certains endroits, la hauteur des ligneux dépasse les 7 m. Ces types de peuplements se rencontrent généralement dans les bas-fonds, bénéficiant d'un régime hydrique favorable. Fontes & Guinko, (1995) attestent que certains bas-fonds au Sahel supportent une végétation de type savanicole. La hauteur des arbres peut être un indicateur de la fertilité du sol (Guinko, 1984).

L'analyse de la structure des peuplements ligneux et les observations de terrain permettent d'indiquer que la distribution est unimodale dans la majeure partie des peuplements des dunes et des zones de replat. Cette distribution unimodale est caractéristique des peuplements équiennes. Selon les circonstances (coupes, saignées), cette distribution est devenue dissymétrique

et à la suite des actions de restauration (reboisements, remplacement des pieds morts par de jeunes plants), elle peut devenir bimodale (Rondeux, 1993).

Cette étude sur la structure actuelle des ligneux dans les plantations d'*Acacia senegal* de la zone de Dahra (Ferlo) a permis de mettre en évidence la présence de deux strates, l'une arbustive dominante observée au niveau des sommets, et des replats dunaires, l'autre arborée au niveau des dépressions interdunaires. La structure des peuplements ligneux dans ces plantations est fortement tributaire de la topographie, de la disponibilité de l'eau et de la pression anthropique. *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis* qui ont un nombre élevé d'individus de petite taille sont dans une phase de rajeunissement et elles sont à l'origine de l'accroissement du peuplement ligneux.

Il serait intéressant de poursuivre les investigations en observant le fonctionnement des peuplements d'*Acacia*, la variabilité génétique de ces peuplements en relation avec les facteurs édaphologiques, la production de gomme ainsi que les caractéristiques physico-chimiques de cette dernière.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements à l'Asiyla Gum Company qui a financé une partie de cette étude et aux deux relecteurs anonymes dont les remarques constructives ont permis d'améliorer une première version de ce travail.

RÉFÉRENCES

- AKPO, L.E. & GROUZIS, M. (1996). — Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, 50, 19 : 247-263.
- BARRAL, H., BÉNÉFICE, E. & BOUDET, G. (1983). — *Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo*. ACC GRIZA (LAT), Min. Rech. et Ind., GERDAT-ORSTOM.
- BARRY, J.P. ET AL. (1983). — *Études des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien du Mali*. A.C.C. GRIM (LAT).
- BILLE, J.C. 1977. — *Étude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien*. Travaux et Documents de l'ORSTOM 65, Paris.
- BOLYN, J. & VAN LERBERGHE, PH. (1992). — Structure des formations ligneuses en zone Soudano-Sahélienne du Bassin Arachidier du Sénégal. *Revue du Réseau pour l'Amélioration de la Productivité Agricole en Milieu Aride*, 4 : 157-168.
- 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, Orsay.
- BERHAUT, J.P. (1967). — *Flore du Sénégal*. Deuxième édition plus complète avec les forêts humides de Casamance.
- BOURLIÈRE, F. (1978). — La savane sahélienne de Fétéo Olé, Sénégal. Pp 187-229 In : M. Lamotte & F. Bourlière (eds). *Problèmes d'Écologie : structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres*. Masson et Cie, Paris.
- CHEVALLIER, P., CLAUDE, J., POUYAUD, B. & BERNARD, A. (1985). — *Pluies et crues au Sahel : hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso 1976-1981)*. Travaux et Documents de l'ORSTOM 190, Paris.
- CISSE, A. (1986). — *Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone Sud sahélienne*. PPS, CABO.
- CORNET, A. & POUPON, H. (1978). — Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne du Sénégal. *Bull. IFAN*, 39 : 241-302.
- 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.
- CSE (Centre de Suivi Écologique) (2002). — *Synthèse des études diagnostiques des sites de l'observatoire du Ferlo*. Projet ROSELT/OSS. Rapport du Ministère de la jeunesse, de l'environnement et de l'hygiène publique.
- DIOUF, M., AKPO, L.E., ROCHETEAU, A., DO, F., GOUDIABY, V. & DIAGNE, A.L. (2002). — Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'ouest). *J. Sc.*, 2 (1).
- FLORET, C. & PONTANIER, R. (1984). — Aridité climatique, aridité édaphique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 131, *Actual. bot.*, (2/3/4) : 265-275.
- FONTES, J. & GUINKO, S. (1995). — *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso*. Note explicative.
- GROUZIS, M. (1988). — *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso)*. Études et Thèses, ORSTOM, Paris.
- 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.

- GROUZIS, M. & SCOTT, M. (1980). — A method for the phenological study of browse populations in the Sahel: the influence of some ecological factors. Pp 233-240 in : P. Le Houérou (ed.). *Browse in Africa : the current stage of knowledge*. ILCA, Addis Ababa.
- GUINKO, S. (1984). — *Végétation de la Haute Volta*. Thèse de Doctorat ès Sciences naturelles, Université de Bordeaux II.
- 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.
- LEBRUN, J.P. (1973). — *Énumération des plantes vasculaires du Sénégal*. Maisons-Alfort, IEMVT.
- LEBRUN, J.P. & STORK A.L. (1991-97). — *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Conservatoire du jardin botanique de Genève*, I, II, III, IV, 1991, 1992, 1995 & 1997 : 249, 257, 341 & 712.
- MENAUT, J.C. (1983). — The vegetation of african savannas. Pp 109-149 in : F. Bourlière (ed.). *Tropical savannas. Ecosystems of the world 13*. Elsevier, Oxford.
- MICHEL, P. 1969. — *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique*. Thèse de Doctorat ès Sciences, Strasbourg.
- MIÈHE, S. (1990). — *Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles pastorales à Windou Thiengoly*. GTZ, 108.
- OZER, P., GASSANI, J., HOUNTONDJI, Y.C., ABDOUL JELIL NIANG, A.J. & AMBOUTA, K. (2007). — La désertification est-elle en recul au Sahel ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 293 : 23-28.
- PARDE, J. (1961). — *Dendrométrie*. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Nancy.
- 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.
- PEPAM (2007). — Plan local d'hydraulique et d'assainissement-plha. *Communauté rurale de Labgar*. [en ligne]. Disponible à http://www.pepam.gouv.sn/PLHA/PLHA_Labgar.pdf [consulté le 12 mars 2010].
- POUPON, H. (1980). — *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal*. Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris.
- RAMBAL, S. & CORNET, A. (1982). — Simulation de l'utilisation de l'eau et de la production végétale d'une phytocénose sahélienne du Sénégal. *Acta Oecol., Oecol. Plant.*, 17 : 381-397.
- RICHTER, A., GROSSMANN, H., & THIELE, H. (1953). — Beiträge zur Methodik der Holzvorratsinventuren auf mathematisch-statistischer Grundlage. *Arch. Forstwes.*, 2 : 142-181, 289-339, 481-501.
- RONDEUX, J. (1993). — *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux, Faculté des Sciences agronomiques, Unité de Gestion et Economie forestières.
- SHARMAN, M. (1982). — *Rapport sur les vols systématiques de reconnaissance au Ferlo*. EP/SEN./001 ; FAO, Rome, UNEP, Nairobi.
- TOUTAIN, B., BORTOLI, L., DULIEU, D., FORGIARINI, G., MENAUT, J.C. & PIOT, J. (1983). — *Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes sahéliens pâturés de Haute-Volta*. ACC GRIZA (LAT), GERDAT.
- TYBIRK, K. (1991). — *Régénération des légumineuses du Sahel*. Botanical Institute, Arhus University.
- UICN (UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE) (1989). — *Études sur le Sahel*. UICN Ed., Gland.
- VALENZA, J. & DIALLO, K. (1972). — *Études des pâtures du Nord Sénégal*. Paris : IEMVT, Dakar : LNERV. Étude agrostologie, 4 : 331. Une carte au 1/200 000 en trois feuilles.
- WHITE, F. (1986). — *La végétation de l'Afrique*. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO.