

# Écologie et régime hydrique de deux formations à *Acacia raddiana* au nord et au sud du Sahara (Tunisie, Sénégal)

R. PONTANIER  
M. DIOUF  
M. S. ZAAFOURI



## Résumé

La présence au nord et au sud du Sahara de populations de la même espèce d'*Acacia* (*Acacia tortilis* subsp. *raddiana*), sous des bioclimats et des conditions de contraintes hydriques totalement différentes, nous a conduits à mener des études comparatives sur leur écologie et fonctionnement hydrique respectifs, afin d'approfondir les connaissances sur le comportement face au stress hydrique de ces taxons, dont la diversité génétique, la plasticité et les multiples adaptations écologiques sont remarquables. Nous avons donc essayé de préciser les conditions hydriques auxquelles sont réellement et actuellement soumis les peuplements d'*Acacia raddiana* de deux stations au nord et au sud du Sahara. La première, située en bioclimat méditerranéen aride inférieur au nord du Sahara, est caractérisée par des disponibilités en eau du sol pendant les saisons froides. Pour la seconde, localisée au sud du Sahara, en bioclimat sahélien, le sol offre à la végétation des ressources en eau pendant une saison chaude à très chaude.

Les résultats obtenus ont permis de montrer que la disponibilité en eau est limitée dans le temps pour les deux stations. Cependant, sa distribution en fonction de la profondeur diffère : dans le Nord, elle est plus élevée en surface qu'en profondeur, contrairement au Sud. Cette stratification des ressources en

eau dans le temps et dans l'espace permet d'interpréter la prédominance des types biologiques et photosynthétiques dans chacune des formations à *Acacia raddiana* étudiées.

Mots-clés :

ÉCOLOGIE, RÉGIME HYDRIQUE, TYPE BIOLOGIQUE, TYPE PHOTOSYNTHÉTIQUE, TUNISIE, SÉNÉGAL,  
ACACIA RADDIANA.

## Abstract

Populations of the species *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* are found in the north and in the south of the Sahara under different bio-climatic conditions and soil water constraints. So, comparative study on the ecology and hydric performance of this species was carried out to characterise the behaviour of this taxon which presents a high genetic diversity and plasticity with numerous striking ecological and hydric adaptations. Furthermore, it is frequently used in the rehabilitation of degraded soils. The study was conducted in two stations under different bio-climatic conditions. The first one is situated in Tunisia, in lower Mediterranean arid bio-climatic conditions. It is characterised by an availability of soil water resource during the cold season. In the station localised in the Sahelian region of Senegal, the soil provides the vegetation with suitable water resources during the hot to very hot season (rainy season).

The results showed that the soil water availability was limited in time in the 2 stations and varied according to the soil depth. In the northern part (Tunisia), it is higher in the top soil and weaker in the lower layer. The situation in the South (Senegal) is the reverse. Consequently, this stratification of water resources in time (dry season and rainy season) and in space (soil depth) explains the prevalence of life forms and photosynthetic groups in each ecosystem studied.

Keywords:

ECOLOGY, WATER REGIME, LIFE FORM, PHOTOSYNTHETIC GROUPS (C3/C4), TUNISIA, SENEGAL,  
ACACIA RADDIANA.

## Introduction

La présence au nord et au sud du Sahara de populations de la même espèce d'*Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan, sous des bioclimats et des conditions de contraintes hydriques totalement différentes, nous a conduits à mener des études comparatives sur leur écologie et fonctionnement hydrique

sous conditions contrastées. Pour les considérations taxonomiques et biogéographiques de ce taxon à très large répartition en Afrique et dans la péninsule Arabique, et pour les principaux traits de leur écologie générale, nous renvoyons aux articles de Le Floc'h et Grouzis (cet ouvrage)<sup>1</sup> et de DIOUF et GROUZIS (1996). Ces auteurs insistent sur la nécessité d'approfondir les connaissances sur le comportement, face au stress hydrique, de ce taxon dont la diversité génétique, la plasticité et les multiples adaptations écologiques sont remarquables.

Dans cette contribution, nous avons tenté de préciser les conditions hydriques d'existence réellement offertes aux peuplements d'*Acacia raddiana* de deux stations sous deux bioclimats très différents. L'une de ces stations, située en bioclimat méditerranéen aride inférieur au nord du Sahara, est caractérisée par des disponibilités en eau du sol élevées durant les saisons fraîche et froide. Pour la seconde station, localisée au sud du Sahara, en climat sahélien, le sol offre à la végétation des ressources en eau pendant une saison chaude à très chaude.

## Matériel et méthodes

### Choix des stations

Grâce à la présence dans toute la région du Ferlo au Sénégal de nombreux peuplements d'*Acacia raddiana* encore en bon état, malgré la surexploitation qu'ils subissent aujourd'hui, le choix d'une station au sud du Sahara a été aisé. Par contre, en Tunisie, au nord du Sahara, les peuplements de ce taxon ont été décimés au début du xx<sup>e</sup> siècle. Aussi aujourd'hui seuls subsistent deux peuplements protégés et en bon état, l'un sur le piémont sud du Djebel Bou Hedma, l'autre dans la vallée du Bled Talah au niveau de Haddej.

Au Sénégal, les observations ont été réalisées dans une station mise en défens, située dans le Centre de recherches zootechniques (CRZ) de Dahra (15° 21' N, 15° 26' W) et représentative de la zone sylvo-pastorale du Ferlo, sous climat soudano-sahélien (445 mm de pluviométrie moyenne annuelle : 1933-1994). À moins de 100 m d'altitude, le site de Dahra est localisé à 150 km environ de l'océan.

En Tunisie, le peuplement d'*Acacia raddiana* étudié à Haddej (9° 38' N, 34° 30' E), fait partie du Parc national du Bou Hedma. Les mesures ont été réalisées dans une mise en défens protégée depuis 1990 par les services forestiers, qui ont réintroduit des antilopes sahariennes (*Addax* et *Oryx*) et des autruches à charge réduite. Le climat est de type méditerranéen aride inférieur (100 à 200 mm de pluviométrie annuelle) à hivers froids à doux. À 200 m d'altitude, Haddej est à 85 km de Gabès et de la mer Méditerranée.

1. « *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples ». In Grouzis M., Le Floc'h E., éd.: *Un arbre au désert*, *Acacia raddiana*. Paris, IRD Éditions, 2003 : 21-58.

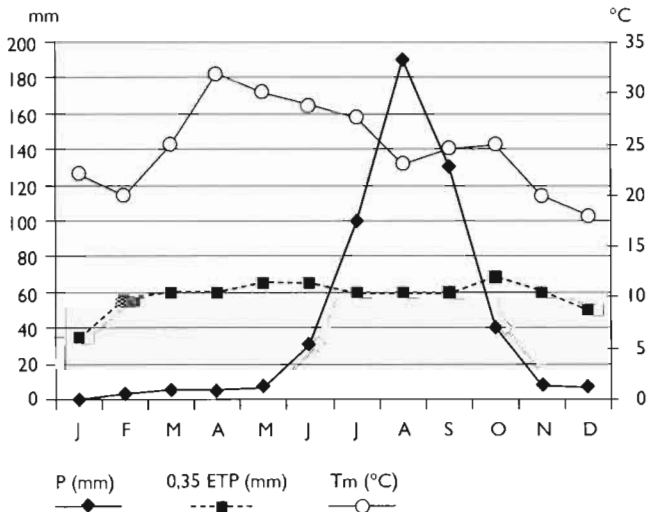
## Principales caractéristiques bioclimatiques régionales

Le tableau I et les figures 1 et 2 donnent les principaux traits climatiques et bioclimatiques qui prédominent dans la région de chaque station.

▽ Tableau I – Caractéristiques climatiques principales des stations de Haddej (Tunisie) et de Dahra (Sénégal).

	P (mm)	T.moy. (°C)	T.min (°C)	T.max (°C)	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	ETP (mm)
Haddej (1934-1985)	220	17,2	8,3	26,2	36,2	3,8	32,4	2 523
Dahra (1933-1994)	445	27,9	21,3	35,5	44,3	8,6	35,7	1 987

P : Pluviométrie annuelle ; T : température ; ETP : évapotranspiration potentielle ;  
M = moyenne des maxima du mois le plus chaud ; m = moyenne des minima du mois le plus froid.



▽ Fig. 1

Répartition annuelle de la pluviométrie (P mm) et évolution de la température moyenne et de l'évaporation d'un sol nu (0,35 ETP mm) pour la station de Dahra.

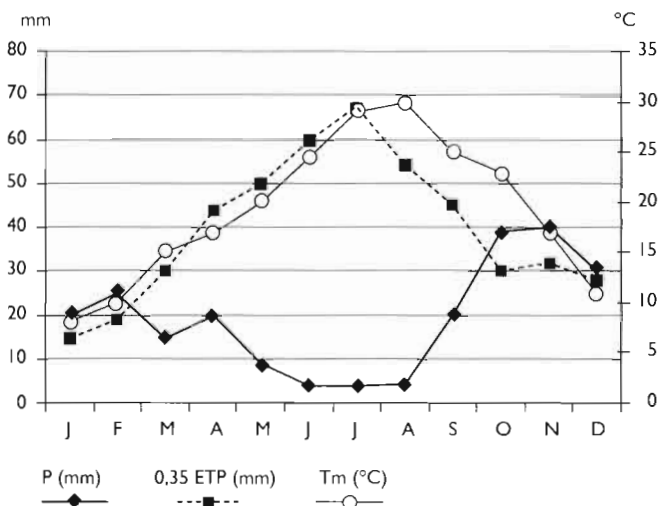
Ces données révèlent des différences entre les stations, notamment :

- des précipitations 2 fois plus importantes à Dahra ;
- des températures plus élevées mais moins variables à Dahra ;
- l'ETP est plus élevée que les précipitations ; de 11,5 fois à Haddej et de 4,5 fois à Dahra.

À Dahra (fig. 1), la saison des pluies s'étale généralement sur 4 à 5 mois, de juin à octobre, toutefois 85 % des précipitations ont lieu entre juillet et septembre pour un total moyen annuel de 445 mm. Depuis 1971, on assiste à une sécheresse

forte et permanente. Les pluies arrivent en saison chaude d'été et la saison sèche dure de novembre à mai. Cette station appartient bien au climat tropical sec de type soudano-sahélien au sens de LE HOUÉROU (1989). À Dahra, malgré une forte variabilité des hauteurs précipitées, l'occurrence des saisons est relativement stable dans le temps.

À Haddej (fig. 2), plus de 90 % des précipitations ont lieu soit au printemps/automne, soit en automne/hiver. Il s'agit donc bien d'un régime de précipitations du type méditerranéen. La moyenne des précipitations est de 220 mm. La durée de la période sèche ( $P < 0,35$  ETP), plus longue qu'à Dahra, peut ici s'étaler sur 8 à 12 mois. En raison d'une très forte variabilité spatiale, temporelle et quantitative du régime des précipitations, la saison sèche habituellement centrée sur la saison estivale chaude peut durer plus longtemps ( $> 12$  mois). Pour les peuplements d'*Acacia raddiana* du Sud tunisien, on ne peut donc exclure l'éventualité d'une occurrence simultanée de stress hydrique et thermique.



▽ Fig. 2

*Répartition annuelle de la pluviométrie (P mm) et évolution de la température moyenne et de l'évaporation d'un sol nu (0,35 ETP mm) pour la station de Haddej.*

Au sens d'EMBERGER (1955), ces données situent la station de Haddej dans l'aire isoclimatique méditerranéenne. En outre, avec un quotient pluvio-thermique de 23,2, cette zone se classe dans le bioclimat méditerranéen aride. LE HOUÉROU (1959) subdivise cette zone en deux sous-étages : le sous-étage supérieur à variante fraîche, sur la chaîne de montagne de Beidha-Bou Hedma ; le sous-étage inférieur à variante tempérée, sur les glacis, la plaine et les montagnes relativement peu élevées.

Signalons enfin que les risques de gelées sont importants à Haddej ( $10 \text{ j.an}^{-1}$ ), alors qu'ils sont inexistant à Dahra. Les deux stations subissent l'assaut des vents desséchants en provenance du Sahara pendant leur saison sèche respective.

Site	n	Chlorophyll (µg)					PAC	COC	OC2P <sub>2</sub>	pH
		0-2	2-4	4-8	8-16	16-32				
	(cm)	µg	µg	µg	µg	µg	(%)	(%)	(µm)	
Hedge	0-2	7	2	11	6	17	0.7	1.2	18	8.2
	2-4	4	8	7	6	20	0.8	0.8	12	8.1
	4-8	17	8	8	11	17	0.7	1.2	18	8.2
	8-16	8	7	7	6	17	0.7	1.1	17	8.2
Dohy	0-2	2	4	10	4	11	1.0	1.0	8	8.5
	2-4	3	3	10	6	12	0.3	3	8	8.0
	4-8	4	7	18	6	11	0.7	3	8	8.3

Le tableau II qui donne les caractéristiques analytiques principales des sols de la réserve de Haddej montre les fortes teneurs en sables (> 70 %), et en calcaire (10 à 16 %). Il n'y a pas de gypse, ce qui est rare dans la région. La matière organique peu abondante (< 1 %) avec des C/N compris entre 10 et 12 se présente sous la forme d'un mull calcique. La densité apparente comprise entre 1,64 et 1,77 indique un certain compactage des sols.

#### DAHRA

L'évolution géologique et géomorphologique de la zone d'étude a été parachevée pendant le tertiaire et le quaternaire. Le dernier épisode marin du bassin sénégalo-mauritanien auquel appartient ce site date du lutétien (éocène moyen). Il a été à l'origine de dépôts de marnes et calcaires éocènes qui constituent le support de tous les autres dépôts.

Par ailleurs, le continental terminal couvre la quasi-totalité de la région d'étude. Il présente un faciès sableux avec des intercalations gréséo-argileuses (AUDRY, 1962). L'alternance de périodes humides et sèches au quaternaire a entraîné la formation de modelés sableux dunaires de basse altitude (40 m en moyenne) (RAYNAL, 1964). Ces sables dunaires sont organisés en 3 ergs principaux (MICHEL, 1969) :

- l'erg le plus ancien (plus de 40 000 ans d'âge) présente des massifs sableux de plusieurs kilomètres de long et larges de 500 à 800 m ;
- l'erg d'âge moyen, de 18 000 à 20 000 ans, correspondant aux dunes rouges ogoliennes, est formé de grands alignements sableux longitudinaux de plusieurs kilomètres de long, de 2 à 3 km de large et de 3 à 6 m de dénivellation. C'est sur cet erg, qui a conservé un relief dunaire marqué, que l'on rencontre les sols brun-rouge modaux sur sables siliceux auxquels se rattache le sol de la station de Dahra ;
- l'erg le plus récent, âgé de 5 000 à 7 000 ans, est essentiellement localisé en bordure de la vallée du fleuve Sénégal et du lac de Guiers.

D'autre part, la période lacustre qui a marqué le début du quaternaire explique la présence dans la zone de rares gisements calcaires en forme de lentilles discontinues.

L'étude pédologique du CRZ (AUDRY, 1962 ; MAIGNIEN, 1965) a montré l'existence de plusieurs types de sols : les sols calcimorphes, peu répandus et disposés en coupoles isolées ; les sols hydromorphes à hydromorphie partielle de profondeur, qu'on retrouve dans les bas-fonds et les mares temporaires ; les sols ferrugineux tropicaux, qui regroupent la majorité des sols du CRZ et renferment toute une gamme de sols sableux à sablo-argileux, plus ou moins lessivés et pauvres en matières organiques (LE HOUÉROU, 1989). Dans leurs particularités, ils ont été classés en trois principales familles : la famille des sols non lessivés sur sables plus ou moins argileux remaniés du continental terminal ; la famille des sols faiblement lessivés en fer sur sables remaniés du continental terminal légèrement plus riches en éléments fins en profondeur (Argiles + Limons  $\leq$  10 %), et la famille des sols faiblement lessivés en fer sur sables remaniés du Continental Terminal plus riches en éléments fins en profondeur (Argiles + Limons > 10 %). Cette

dernière est la plus répandue. Par rapport aux sols brun-rouge subarides, ils présentent un drainage externe faible à cause du relief globalement émoissé. Cependant, le drainage interne, en relation avec la nature très sableuse du sol, reste important.

La parcelle d'étude se trouve sur un sol appartenant aux sols steppiques brun-rouge subarides. Il s'agit de sols très sableux (80 à 85 % de sables contre 3,5 % d'argiles, [LE HOUÉROU, 1989]), profonds, filtrants, à très bon drainage sur sommet de dunes rouges. Ces sols occupent la partie nord à nord-ouest de la concession du CRZ. Ils présentent, surtout au niveau des interdunes, une transition vers les sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés qui les encadrent.

Ces résultats analytiques font apparaître les faits suivants :

- aucune variation texturale considérable le long du profil n'est révélée par l'analyse granulométrique ;
- une bonne minéralisation de la matière organique, indiquée par son taux faible et les rapports C/N (jusqu'à 120 cm de profondeur) (DOCFRAN, 1991) ;
- une minéralisation poussée après 120 cm, associée à une réserve en matière organique (DOCFRAN, 1991) ;
- une faible rétention qui est caractéristique des sols sableux pauvres en argile faible (DOCFRAN, 1991).

#### CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES COMPARÉES

La figure 3 compare les capacités de stockage des sols des deux stations. En zone aride, cette capacité est une variable très importante ; c'est de celle-ci en effet que dépendent la survie et la reproduction des peuplements arborés et la durée de la période de végétation des espèces herbacées.

Dans cette étude, nous exprimons la capacité de stockage par la réserve utile (RU mm) à la végétation, c'est-à-dire la quantité maximale d'eau disponible pour la végétation que le sol peut conserver après ressuyage des pluies. Elle est calculée après détermination des courbes de rétention d'eau du sol, en utilisant en particulier les valeurs remarquables de la capacité au champ ( $CC$  à  $\psi = -0,5$  MPa) et du point de flétrissement à ( $\psi = -1,6$  MPa). Elle est donnée par la relation suivante :

$$RU \text{ mm} = \int (Hv_{CC} - Hv_{PF}) dz$$

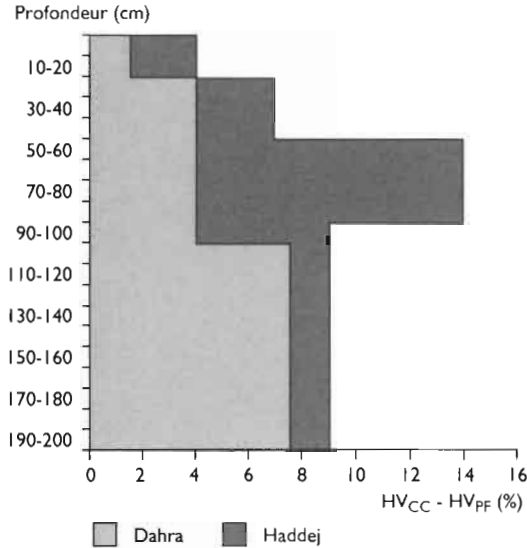
où  $z$  est en dm et  $Hv$  = humidité volumique en %.

La figure 3, qui présente la distribution de la RU pour les deux premiers mètres du sol des deux stations, montre des différences essentielles, à savoir une capacité de stockage dans le sol de Tunisie double de celui du Sénégal, et une tendance pour le premier à stocker l'eau surtout dans les horizons supérieurs.

Ainsi, bien qu'ils présentent tous les deux de fortes capacités d'infiltration et de drainage en raison de textures sableuses, le sol de Haddej est capable de stocker dans ses deux premiers mètres près de 180 mm d'eau utile à la végétation, soit près de deux fois plus que le sol de Dahra. En outre, on peut supposer que la totalité des précipitations annuelles peut être emmagasinée dans ces deux premiers mètres en année moyenne. Par ailleurs, la présence à Haddej d'un réservoir de



forte capacité à moyenne profondeur (20-90 cm) constitue un atout pour les végétaux à enracinement moyen.



▽ Fig. 3

Caractéristiques du stockage de l'eau utile du sol dans les stations de Haddej et de Dahra.

*Hvcc* : Humidité volumique à la capacité au champ ;

*HvPF* : Humidité volumique au point de flétrissement.

À l'inverse, à Dahra, le sol présente un mètre de sables en surface. L'horizon à relative bonne capacité de stockage se situe en profondeur, au-delà de un mètre, ce qui laisse supposer une très bonne et rapide infiltration, et un stockage moyen devant en principe profiter aux espèces à enracinement profond. De toute manière, compte tenu des propriétés hydrophysiques conférant au sol de Dahra un drainage excessif, et vu la concentration des précipitations en deux mois, on peut supposer que dans cette situation une forte partie des eaux météorites retourne dans les nappes.

## La végétation

### HADDEJ

La végétation spontanée du Bled Talah est actuellement très dégradée. Il s'agit pour l'essentiel d'une végétation steppique à base de chaméphytes, des lambeaux de steppes graminéennes (*Stipa* sp., *Aristida* sp., *Stipagrostis* sp.). Subsistent également les vestiges de formations steppiques arborées très dégradées dominées surtout par des ligneux hauts et occupant les bas fonds, les terrasses des cours d'eau (*Ziziphus lotus*, *Lycium shawii*, *Calicotome infesta*, *Retama raetam*, *Nerium oleander*, etc.), les glacis pierreux (*Acacia raddiana*) et les jbelles (*Periploca angustifolia*, *Rhus tripartita*, *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, etc.). Cette végétation xérique correspond à l'étage

## Liste floristique de la végétation de la station de Haddej

Les espèces recensées à Haddej, qu'elles soient ou non citées dans le texte, sont classées par type biologique puis par ordre alphabétique. La nomenclature la plus récente, selon le travail de Le Floc'h et Boulos (en préparation), a été retenue. Pour certains taxons, la synonymie est également indiquée.

\*Types biologiques :

Ph. (PhanérophYTE),

NPh (Nano-PhanérophYTE),

Ch. (Chaméphyte),

He. (Hémicryptophyte),

Ge. (Géophyte),

Th. (Thérophyte).

Espèces	Types biologiques
<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan	Ph
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Ph
<i>Atriplex halimus</i> L.	NPh
<i>Calicotome infesta</i> (C. Presl) Guss. subsp. <i>intermedia</i> (C. Presl) Greuter	NPh
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	NPh
<i>Lycium shawii</i> Roem. & Schult.	NPh
<i>Nerium oleander</i> L. subsp. <i>oleander</i>	NPh
<i>Periploca angustifolia</i> Labill.	NPh
<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb subsp. <i>raetam</i>	NPh
<i>Rhus tripartita</i> (Ucria) Grande	NPh
<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	NPh
<i>Argyrobium uniflorum</i> (Decne.) Jaub. & Spach	Ch
<i>Artemisia campestris</i> L.	Ch
<i>Astragalus armatus</i> subsp. <i>numidicus</i> (Murb.) Emb. & Maire	Ch
<i>Atractylis carduus</i> (Forssk.) C. Chr. var. <i>glabrescens</i> Täckh. & Boulos [ <i>A. flava</i> Desf.]	Ch
<i>Atractylis serratuloides</i> Sieber ex Cass.	Ch
<i>Deverra tortuosa</i> (Desf.) DC. [ <i>Pituranthos tortuosus</i> (Desf.) Benth.]	Ch
<i>Echiochilon fruticosum</i> Desf.	Ch
<i>Euphorbia retusa</i> Forssk.	Ch
<i>Fagonia cretica</i> L.	Ch
<i>Fagonia glutinosa</i> Del.	Ch
<i>Gymnocarpus decander</i> Forssk.	Ch
<i>Haloxylon schmittianum</i> Pomel	Ch
<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel	Ch
<i>Helianthemum kahiricum</i> Del.	Ch
<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours. [ <i>H. lippii</i> (L.) Dum. Cours. var. <i>intricatum</i> Murb.]	Ch
<i>Helianthemum sessiliflorum</i> (Desf.) Pers.	Ch
<i>Hernaria fontanesii</i> J. Gay subsp. <i>fontanesii</i>	Ch
<i>Kickxia aegyptiaca</i> (L.) Nabelek [ <i>Linaria aegyptiaca</i> (L.) Dum. Cours.]	Ch
<i>Ononis natrix</i> L.	Ch
<i>Polygonum equisetiforme</i> Sm.	Ch
<i>Rhanterium suaveolens</i> Desf.	Ch

Espèces	Types biologiques
<i>Salsola vermiculata</i> L.	Ch
<i>Salvia aegyptiaca</i> L.	Ch
<i>Salvia verbenaca</i> L.	Ch
<i>Seriphidium herba-album</i> (Asso) Soják [ <i>Artemisia herba-alba</i> Asso]	Ch
<i>Teucrium polium</i> L.	Ch
<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.	Ch
<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. & Durand	Ch
<i>Zygophyllum album</i> L.f.	Ch
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	He
<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>maximus</i> (Desf.) Ball	He
<i>Echium humile</i> Desf. subsp. <i>humile</i>	He
<i>Erodium glaucophyllum</i> (L.) L'Hér.	He
<i>Hedysarum spinosissimum</i> L. subsp. <i>spinosissimum</i>	He
<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Mill.	He
<i>Lotus creticus</i> L. [ <i>Lotus creticus</i> L. subsp. <i>creticus</i> ]	He
<i>Lotus cytisoides</i> L. [ <i>Lotus creticus</i> subsp. <i>cytisoides</i> (L.) Arcang.]	He
<i>Lygeum spartum</i> Loefl. ex L.	He
<i>Peganum harmala</i> L.	He
<i>Plantago albicans</i> L.	He
<i>Stipa lagascae</i> Roem. & Schult.	He
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	He
<i>Stipa tenacissima</i> L.	He
<i>Stipagrostis ciliata</i> (Desf.) de Winter [ <i>Aristida ciliata</i> Desf.]	He
<i>Stipagrostis obtusa</i> (Del.) Nees	He
<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson	He
<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) de Winter	He
<i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Beck	Ge
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Ge
<i>Scorzonera undulata</i> Vahl [ <i>Scorzonera undulata</i> Vahl subsp. <i>alexandrina</i> (Boiss.) Maire]	Ge
<i>Adonis microcarpa</i> DC.	Th
<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb. subsp. <i>pseudo-iva</i> (DC.) Briq.	Th
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel	Th
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Th
<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	Th
<i>Asteriscus hierochunticus</i> (Michon) Wicklund [ <i>Asteriscus pygmaeus</i> (DC) Coss. & Dur.]	Th
<i>Astragalus asterias</i> Steven [ <i>Astragalus cruciatus</i> Link]	Th
<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>maritima</i> (L.) Arcang.	Th
<i>Carduncellus eriocephalus</i> Boiss.	Th
<i>Carduus gaetulus</i> Pomel	Th
<i>Carlina corymbosa</i> L. subsp. <i>corymbosa</i> [ <i>Carlina involuocrata</i> Poir.]	Th
<i>Centaurea furfuracea</i> Coss. & Durieu ex Batt.	Th
<i>Chenopodium murale</i> L.	Th
<i>Cynara cardunculus</i> L.	Th
<i>Daucus syrticus</i> Murb.	Th



Type of Institutions	Number	Ratio
Universities	48,1	13,5
Research centers	3,3	1,0
Chaparral	26,7	8,0
Higher education	11,2	3,2
Colleges	3,5	1,0
Technical	1,2	0,3

arbustes dispersés et rabougris s'associent aux herbes. C'est la physionomie caractéristique d'une steppe arbustive (LE HOUÉROU, 1989). VALENZA et DIALLO (1972) rattachent la région d'étude au secteur sahélo-saharien, dont la limite méridionale, souvent irrégulière, est constituée d'une part par l'isohyète 400 mm et d'autre part par l'apparition du *Combretum glutinosum*. Ce secteur est très marqué par la présence d'*Acacia raddiana*.

La station appartient au groupement à *Tephrosia platycarpa* et *Tephrosia purpurea* sur sols dunaires très drainés (brun-rouge) définis par RAYNAL (1964). *Acacia raddiana* est bien représenté dans ce groupement. C'est le même groupement qui a par ailleurs, été décrit par CORNET (1981) comme groupement à *Tephrosia purpurea*.

Il est à noter que, par rapport au reste du couvert végétal de la zone, la végétation du CRZ se singularise par une plus grande stabilité et une plus forte densité des arbres et des arbustes qui se régénèrent assez bien. Cette situation a été favorisée par la protection partielle assurée depuis 1954 contre le surpâturage et l'exploitation.

Le peuplement ligneux y est exclusivement constitué de deux espèces : *Acacia raddiana*, qui est de loin l'espèce dominante (74,2 %), et *Balanites aegyptiaca* (25,8 %).

La strate herbacée présente une plus grande richesse spécifique. L'encadré 2 illustre une évolution comparée de la diversité et de l'abondance-dominance des espèces herbacées inventoriées chaque année au maximum de développement de la végétation (septembre), au cours de la période d'étude. Cette évolution montre un accroissement du nombre d'espèces de 32 en 1993 à 42 en 1994. Cette augmentation de la richesse spécifique a été constatée malgré une pluviométrie plus faible en 1994 (303 mm en 1993 et 250 mm en 1994). Elle pourrait aussi être expliquée par la mise en défens assurée par la clôture de la parcelle.

Cependant, le recouvrement a diminué en 1994 avec l'apparition d'auréoles nues. Ces auréoles sont dues, pour une part, à l'encroûtement sous l'effet de la battance de la saison des pluies de 1993, type de phénomène déjà relevé par CORNET (1981) et, pour une autre part, à un tassement par endroits d'herbes sèches de l'année 1993 incomplètement décomposées. Ces deux facteurs combinés ont certainement contribué à réduire le pouvoir germinatif des annuelles. Le faible recouvrement des taxons résulte, en partie, de la baisse de la pluviométrie.

L'encadré 2 permet aussi de constater l'absence totale des herbacées pérennes et une prolifération de *Dactyloctenium aegyptium* et de *Tribulus terrestris*. Ces observations, comparées à celles de CORNET (1981), font apparaître : une régression plus forte des Poaceae et des Leguminosae ; la disparition de *Tephrosia purpurea*, qui dominait autrefois ce groupement ; une forte augmentation du nombre des autres espèces moins intéressantes sur le plan fourrager et de l'amélioration du niveau de fertilité des sols ; la disparition des Combretaceae.

À Dahra, les espèces sont représentées dans leur très grande majorité par des thérophytes (93,5 %) (tabl. III). Ce type biologique est, ici, bien mieux représenté qu'à Haddej et domine très fortement sur les autres types biologiques que



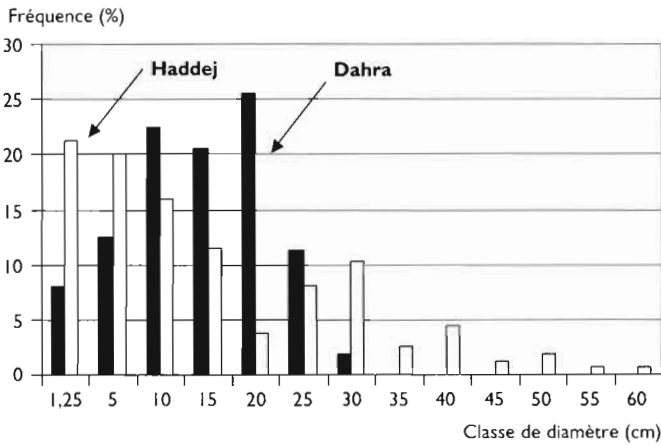




sont les hémicryptophytes (2,2 %) et les phanérophytes (4,3 %). Cette forte proportion des thérophytes, regroupées pour une bonne part dans la famille des Poaceae de type C4 (34,9 %), est caractéristique de la zone sahélienne et traduit une bonne adaptation aux conditions d'aridité (GROUZIS, 1988).

#### STRUCTURE DES POPULATIONS D'*ACACIA RADDIANA*

La figure 4 présente la structure des populations d'*A. raddiana* dans les stations de Haddej et de Dahra. Elle est basée sur une classification du diamètre des troncs mesuré à 20 cm au-dessus du sol.



▽ Fig. 4

Structure des populations d'*Acacia raddiana*  
dans les stations du Nord (Haddej) et du Sud (Dahra).

La structure de la population tunisienne est bimodale. Le premier mode se situe dans les classes 1,25-5 cm et le deuxième dans la classe 30 cm. On relève une grande proportion de jeunes individus et quelques rares grands, vestiges d'une population certainement décimée et qui, jadis, était plus importante. D'ailleurs, on peut se demander si cette plus grande fréquence de jeunes individus à Haddej n'est pas due à une régénération naturelle (absence de pâturage du fait de la protection due à la mise en défens depuis sept à huit ans) ou à une réintroduction de l'espèce. L'origine de la forêt d'*Acacia raddiana* en Tunisie est mal connue. Plusieurs hypothèses ont été émises :

- selon la tradition orale, cette espèce fut introduite au début du XI<sup>e</sup> siècle, lors de l'invasion de la Tunisie par les Hilaliens (Haute-Égypte), à partir des excréments des chameaux ;
- certains auteurs, dont LAVAUDEN (1927), considèrent que cette forêt est une relique tropicale ;
- d'autres, comme Bonnet et Barratte in EL AMIN (1992), soutiennent que *Acacia raddiana* a été introduit de Ghdamès (Libye) à une date indéterminée.

Au niveau du site de Dahra, la population, qui présente une répartition unimodale avec un mode situé entre 10 et 20 cm de diamètre, est aussi caractérisée par une plus grande fréquence d'individus moyens.

### **Dispositif de suivi des paramètres microclimatiques et de l'eau du sol**

Le dispositif de mesure des paramètres microclimatiques installé sur chacun des deux sites est constitué par un système d'acquisition automatique de données composé d'une centrale d'acquisition sur laquelle sont raccordés les différents capteurs. Ces capteurs mesurent les paramètres suivants : la température minimum de l'air,  $T_{\min}$  (°C) ; la température maximum de l'air,  $T_{\max}$  (°C) ; la température moyenne de l'air,  $T_{\text{moy}}$  (°C) ; la température du sol à 0,5 m,  $T_{s1}$  (°C) ; la température du sol à 1 m,  $T_{s2}$  (°C) ; la température du sol à 1,5 m  $T_{s3}$  (°C) ; l'humidité relative minimale de l'air, HR min (%) ; l'humidité relative maximale de l'air, HR max (%) ; l'humidité relative moyenne de l'air, HR moy (%) ; le rayonnement global,  $R_g$  ( $W.m^{-2}$ ) ; la vitesse du vent,  $V$  ( $m.s^{-1}$ ) ; les précipitations incidentes,  $P_i$  (mm).

La méthode neutronique a été utilisée pour déterminer l'humidité volumique du sol au cours de la période d'étude au niveau des 2 stations. Pour cela, une sonde à neutrons de type Solo 25 a servi à la réalisation des mesures au niveau de tubes d'accès préalablement installés dans les parcelles. Pendant la période de notre étude, le suivi hydrique a fait l'objet de mesures tous les quinze jours en moyenne en saison humide, et tous les mois en saison sèche.

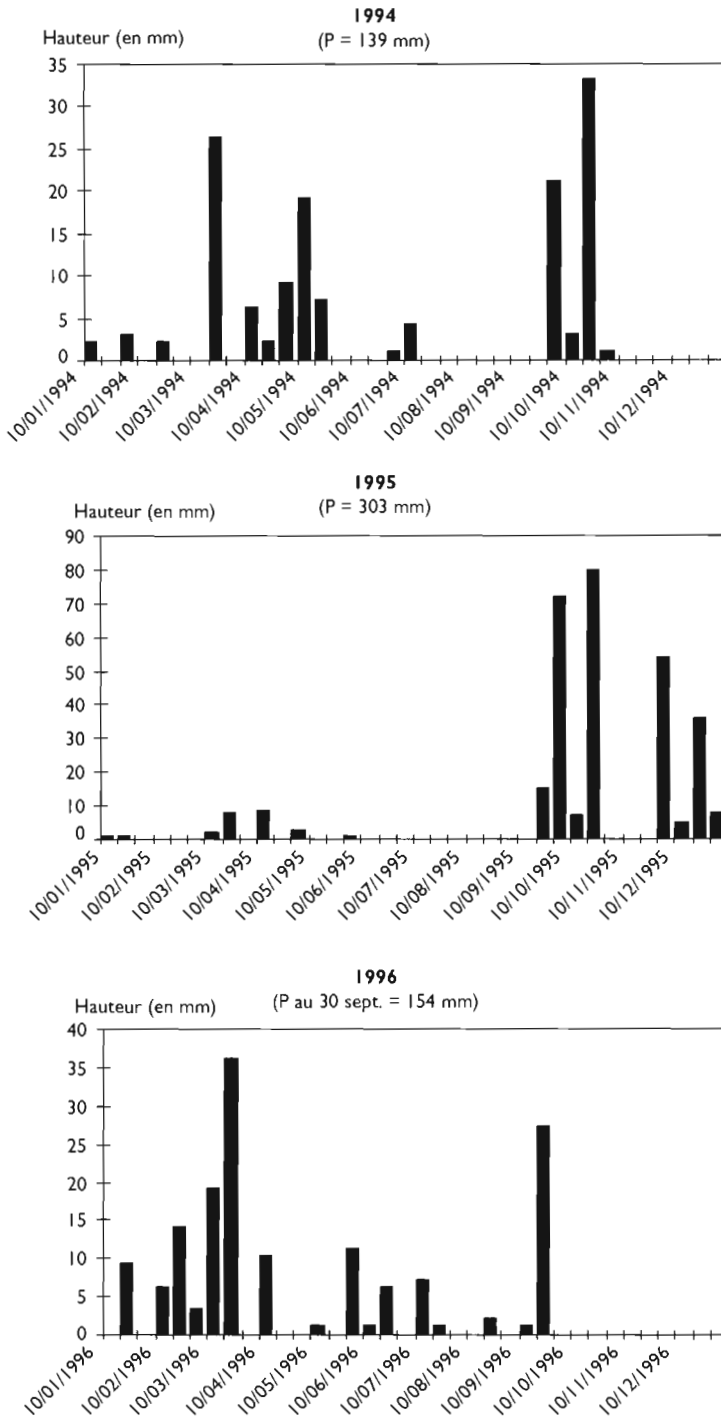
## Résultats

### **Les conditions climatiques durant les années d'observation**

À Haddej (fig. 5), la distribution décadaire confirme que le maximum des précipitations est reçu soit au printemps/automne, soit en automne/hiver. Les précipitations sont de régime méditerranéen, avec une grande variabilité. La période sèche a coïncidé avec la période estivale et a duré en moyenne 8 à 9 mois. Avec 139 mm en 1994 et une répartition relativement bonne, l'année peut être considérée comme moyennement sèche ( $100 < P < 150$  mm), alors qu'en 1995, pour une pluviométrie de 303 mm, on peut parler d'année pluvieuse ( $P > 250$  mm), mais avec une distribution moins homogène (pluies concentrées en septembre-octobre puis décembre). L'année 1996, qui n'a reçu que 154 mm jusqu'en septembre, a été moyennement pluvieuse avec une répartition temporelle plus intéressante.

À Dahra (fig. 6), la saison des pluies dure 3 à 4 mois, 85 % des pluies étant reçues en août et septembre avec une très bonne répartition décadaire correspondant à

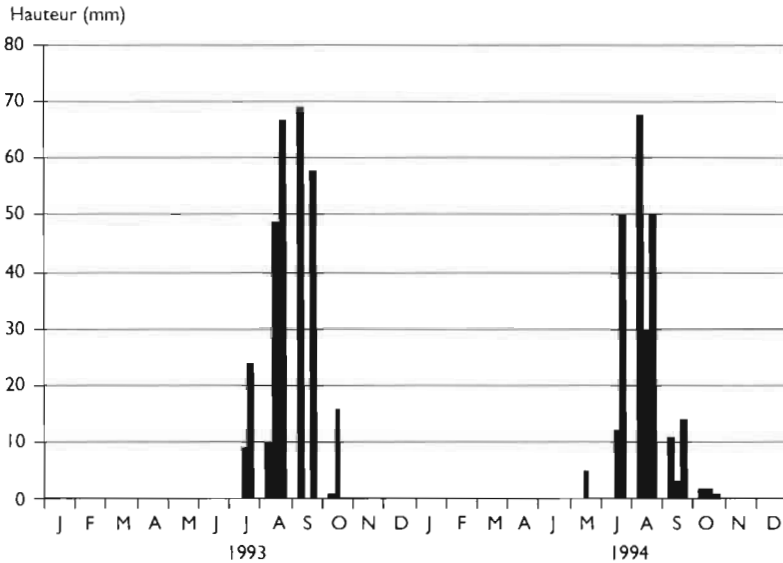
*Écologie et régime hydrique de deux formations  
à Acacia raddiana au nord et au sud du Sahara (Tunisie, Sénégal)*



▽ Fig. 5

Précipitations décadaires à la station de Haddej (Tunisie).

un niveau de satisfaction des besoins en eau des plantes. Les précipitations arrivent en saison chaude d'été, et la saison sèche dure de novembre à juin, ce qui est caractéristique du climat tropical sec de type soudano-sahélien. Ainsi, avec 303 mm et 250 mm de pluies enregistrées respectivement pour les années 1993 et 1994, cette station a été déficitaire en eau par rapport à la moyenne. À Dahra, malgré une forte variabilité des hauteurs précipitées, l'occurrence des saisons est plus stable dans le temps (mêmes périodes) qu'à Haddej.



▽ Fig. 6  
Précipitations décadales à la station de Dahra (Sénégal).

## Disponibilité en eau du sol pour la végétation

Rappelons que la station de Dahra est située sur un des systèmes dunaires qui recouvrent l'ensemble de la zone sylvo-pastorale du Ferlo. Cette situation géomorphologique ne lui permet pas de recevoir des apports d'eau supplémentaires par ruissellement en saison des pluies ; au niveau régional, toute l'eau s'infiltre dans ces systèmes d'ergs. Cependant, dans l'espace interdunaire, les conditions hydriques sont moins drastiques que sur la dune. Il n'en est pas de même pour Haddej, situé à l'aval des glaciais du Dj Bouhedma à la coalescence des cônes de déjection des oueds, qui lors des orages d'automne ou de printemps apportent une formidable supplémentation en eau aux populations d'Acacia, corrigeant ainsi les faibles apports pluviométriques qui certaines années peuvent être doublés par des apports par ruissellement. Pour connaître les véritables conditions hydriques auxquelles les peuplements d'acacias ont été soumis lors des années d'observation, nous avons d'après les profils hydriques établi un calendrier comparatif mensuel de localisation dans le profil des disponibilités en eau pour la végétation (tabl. IV).

▽ *Tableau IV – Calendrier mensuel et localisation dans le profil des disponibilités en eau pour la végétation au cours des années d'observation.*

Site	Année	z (cm)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Haddej	1994	0-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
		60-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
		140-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	1995	0-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
		60-140	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
		140-200	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	1996	0-60	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
		60-140	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		140-200	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dahra	1993	0-60	-	-	-	-	-	-	-	+	++	-	-	-	
		60-140	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	-	-	
		140-200	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	-	-	
	1994	0-60	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
		60-140	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	-	-	
		140-200	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	-	-	

+ = eau disponible ; - = eau non disponible.

De ce tableau, qui donne les réserves hydriques disponibles au cours des années d'étude par rapport au point de flétrissement permanent communément admis à  $\psi = -1,6$  MPa pour les plantes cultivées, il ressort que la disponibilité de la réserve est fonction des caractéristiques pluviométriques de chacune des années d'étude. Ainsi, au nord, dans la station de Haddej, le profil suivant a pu être observé :

- en année moyennement sèche (1994), seuls les horizons profonds (60-140 cm et 140-200 cm) indiquent une réserve disponible sur 3 mois, suite à la percolation des eaux. Quant à la réserve des couches superficielles (0-60 cm), elle a à peine été reconstituée (un mois) par les pluies d'automne ;
- en année moyennement pluvieuse à pluvieuse, cette reconstitution est meilleure et dure plus longtemps (2 à 3 mois) sur toute la profondeur de sol prospectée (0-200 cm).

Au sud, dans la station de Dahra, la nature sableuse du sol qui facilite la percolation favorise les réserves de profondeur plus importantes et plus durables.

### **Synthèse comparative entre le nord et le sud du Sahara**

Les résultats obtenus ont permis de montrer que la disponibilité en eau est limitée dans le temps pour les deux stations. Au nord, elle est plus élevée en surface qu'en profondeur ; au sud, elle est plus faible en surface qu'en profondeur. Cette stratification des ressources en eau dans le temps et dans l'espace (en profondeur) explique bien, d'une part, la prédominance du groupe fonctionnel des pérennes à enracinement moyen au nord (41 %) par rapport au sud (4,3 %) et, d'autre part, l'importance des thérophytes, des chaméphytes et des hémicryptophytes, types biologiques dont le système racinaire est généralement superficiel. Tous les types biologiques y sont représentés.



