

Sélection d'espèces ligneuses adaptées à la fixation biologique de dunes au Niger

Selection of woody species adapted to biological sand dunes fixation in Niger

LAMINOUS MANZO, O., CAMPANELLA B. & PAUL R*.

Abstract: Seven woody species, of which five natives (*Acacia senegal*, *A. raddiana*, *A. nilotica*, *Bauhinia rufescens*, *Balanites aegyptiaca*) and two imported (*Prosopis juliflora* and *P. chilensis*) have been tested in terms of biological sand dunes fixation in the Southern east of Niger Republic.

In nursery, species underwent a water stress by interrupting the watering during six days. Foliar hydration has been determined in order to evaluate their capacity to limit water loss. In a field experiment, species have been planted on a mechanically prefixed sand dune cord in order to test their ability for stabilization of sand dunes.

Survival rates during the first three years have been calculated and height growth was measured. In nursery, results showed that, after six days of water stress, *Acacia senegal*, *A. raddiana*, *P. chilensis* and *A. nilotica* are the four species limiting the best the water losses.

Results on site showed that the best combination in sand dunes fixation, in this zone, would be the association of one or the other of *Prosopis* (high survival rate and fast growth) with *A. raddiana* and/or *A. nilotica* (survival and growth relatively substantial and more important economic interest).

Key words: Sand dune, biological sand dune fixation, Niger, water stress, survival, growth.

Résumé: Sept espèces ligneuses, dont cinq autochtones (*Acacia senegal*, *A. raddiana*, *A. nilotica*, *Bauhinia rufescens*, *Balanites aegyptiaca*), et deux allochtones (*Prosopis juliflora* et *P. chilensis*) ont été testées pour la fixation biologique de dunes dans le sud-est du Niger.

En pépinière, les espèces ont subi un stress hydrique par interruption d'arrosage durant six jours. Les taux d'hydratation foliaire ont été déterminés, afin d'évaluer leur capacité respective à limiter les pertes d'eau par transpiration.

Dans un essai de terrain, les espèces ont été plantées sur un cordon dunaire, préfixé mécaniquement, en vue de tester leur aptitude à la stabilisation des dunes.

Les taux de survie sur trois années ont été calculés et la croissance en hauteur mesurée. Les résultats en pépinière ont montré, qu'après six jours de stress hydrique, *Acacia senegal*, *A. raddiana*, *P. chilensis* et *A. nilotica* sont les quatre espèces limitant le mieux les pertes en eau. Les résultats sur site ont montré que la meilleure combinaison en matière de fixation de dunes dans cette zone serait d'associer l'un ou l'autre des *Prosopis* (fort taux de survie et croissance rapide) avec *A. raddiana* et/ou *A. nilotica* (survie et croissance relativement appréciables et intérêt économique plus important).

Mots-clés : Dune, fixation biologique, Niger, stress hydrique, survie, croissance.

INTRODUCTION

Les sécheresses récurrentes et l'anthropisation croissante ont conduit à une forte dégradation des systèmes écologiques sahéliens et soudano-sahéliens.

Dans le sud-est du Niger, et en particulier dans la zone de Gouré, des dunes de sable, jadis fixées par une végétation d'arbustes et d'arbres, sont remises en mouvement. Les deux causes principales sont les sécheresses récurrentes qu'a connues le Sahel et l'action de l'homme dans

*Laboratoire de Toxicologie environnementale, Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à B. 5030 Gembloux - Belgique. lamine_ous@yahoo.fr, campanella.b@fsagx.ac.be, paul.r@fsagx.ac.be

sa quête de se procurer du combustible, des terres de culture et des pâturages. Des opérations de fixation de dunes ont été entreprises depuis les années 80. Dans la zone de Gouré, deux techniques complémentaires sont utilisées pour fixer les dunes mobiles:

1°) d'une part, la fixation mécanique à l'aide de matériaux inertes (branchages de *Leptadenia pyrotechnica* (Forssk.) Decne plantés en forme d'obstacles quadrillant la dune, qui diminuent la vitesse des vents, limitent le transport éolien, et provoquent le dépôt du sable en mouvement ;

2°) d'autre part, la fixation biologique, par la plantation d'espèces ligneuses dans les parcelles ainsi constituées.

Les résultats de ces aménagements demeurent, jusqu'à présent, très insuffisants. La mauvaise reprise et la lenteur de croissance initiale des espèces plantées rendent difficiles l'exécution et l'aboutissement des programmes de fixation de dunes (LARWANOU & MOUSTAPHA, 2003). Beaucoup d'espèces utilisées dans ces aménagements ne survivent pas aux conditions édaphiques sévères de la dune, caractérisées par un déficit hydrique et minéral. D'autres survivent mais sont très rapidement ensevelies par le sable, à cause de leur croissance très lente.

L'objectif de cette étude est de déterminer les espèces les mieux adaptées à la fixation biologique des dunes dans la zone de Gouré parmi sept essences, indigènes et allogènes, présélectionnées sur base de critères phytosanitaires. Il s'agit de *Acacia senegal* (L.) Willd, *A. raddiana* Savi, *A. nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii*, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *P. chilensis* Stunz, *Bauhinia rufescens* Lam et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del..

Le choix de ces espèces a été dicté, non seulement par leur présence fréquente dans la zone et leur utilisation courante dans des opérations de fixation biologique de dunes dans le sud-est du Niger, mais aussi, pour certaines, en fonction de leur importance socio-économique pour les populations (LARWANOU, 1994 ; IKTAM et KHO, 1996).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été conduite, simultanément, en pépinière et sur une dune de sable aux abords de la cuvette oasisienne du village de Tchago, situé à 23 km au nord-ouest de la ville de Gouré (Région de Zinder au Niger). La cuvette, dépression topographique interdunaire où la faible profondeur de la nappe phréatique permet l'agriculture, couvre une surface de 1,94 ha. Le site est compris entre 10°03'39" et 10°04'06" de longitude Est et 14°02'30" et 14° 02'52" de latitude Nord.

Sables grossiers (200 à 2000 μ m) (%)	64,45
Sables fins (50 à 200 μ m) (%)	26,57
Limon (2 à 50 μ m) (%)	4,93
Argile (<2 μ m) (%)	4,95
Matière organique (%)	2,2
pH	6,5
C (%)	1,4
N (%)	0,16
C/N	9
P total (ppm)	93,4
P assimilable (ppm)	38,4
Ca (méq/100g)	5,4
Mg (méq/100g)	2,6
K (méq/100g)	0,66
Na (méq/100g)	trace
Bases totales (méq/100g)	8,66

Le climat est de type tropical aride, avec des précipitations annuelles moyennes de 100 à 300 mm. Il est caractérisé par une période sèche de 9 à 10 mois, de fréquentes sécheresses et des vents forts.

Dans le cadre de nos essais, une pépinière a été installée au sein d'une cuvette toute proche de Gouré (Cuvette de Woro), afin d'y produire les plants nécessaires à l'expérimentation sur le site de Tchago et de servir à des mesures de tolérance au stress hydrique, sur place.

Le substrat de culture utilisé dans la production des plants est essentiellement composé du sol intérieur de la cuvette (tableau I).

Les graines d'*Acacia raddiana*, d'*Acacia nilotica*, d'*Acacia senegal*, de *Prosopis juliflora*, de *Prosopis chilensis*, (Mimosaceae), de *Bauhinia rufescens* (Cesalpiniaceae), de *Balanites aegyptiaca* (Balanitaceae) et de *Ziziphus mauritiana* Lam.

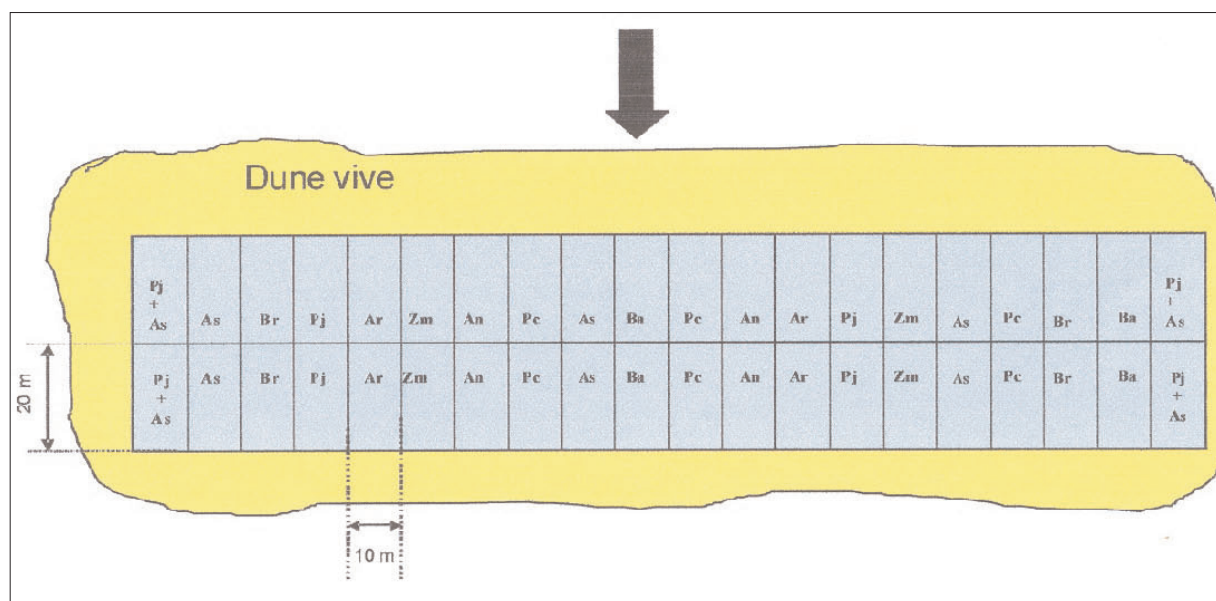
(Rhamnaceae) ont été fournies par le centre semencier de la Direction Nationale de l'Environnement du Niger. Elles ont été traitées, durant 15 à 30 minutes, avec une solution d'acide sulfurique concentrée à 95%, puis rincées 4 à 5 fois dans de l'eau distillée, pour lever la dormance et faciliter la germination.

Des pots en polyéthylène de 1,25 litre ont été remplis au 4/5 de leur volume avec du substrat de culture et arrosés à la capacité au champ, 48 heures avant les semis. Après 3 mois de culture, ces pots ont été remplacés par des seaux de 10 litres pour permettre la croissance des racines.

Après 5 mois, une partie des plants produits a été transplantée sur un cordon dunaire, de type voile éolien, préfixé mécaniquement. L'autre partie a été maintenue en pépinière.

Essais sur site

Le dispositif de fixation mécanique est installé le long de la dune, perpendiculairement aux vents dominants (direction NNE - SSO). Un schéma général est présenté à la figure 1.



Légende :

- An** : *Acacia nilotica*
- Ar** : *Acacia raddiana*
- As** : *Acacia senegal*
- Ba** : *Balanites aegyptiaca*
- Br** : *Bauhinia rufescens*
- Pc** : *Prosopis chilensis*
- Pj** : *Prosopis juliflora*
- Zm** : *Ziziphus mauritiana*

Figure 1. Dispositif expérimental de Tchago

Il s'agit d'un clayonnage en rectangle, à base de tiges mortes de *Leptadenia pyrotechnica* (Asclepiadaceae), de 200 m de long sur 40 m de large et d'environ 1,20 m de hauteur. Il est composé d'une série adjacente de 20 parcelles dans sa longueur. Ces parcelles ont chacune 10 m de large x 40 m de profondeur et sont divisées en deux parties égales par une claie interne à base du même matériau.

A l'intérieur de chaque demi-parcelle, les plants sont espacés de 2 m sur la largeur et de 2,5 m sur la profondeur. On a alternativement 5 ou 4 plants par ligne, en quinconce, pour un total de 36 plants.

Les parcelles font l'objet de 2 ou 3 répétitions, suivant les espèces, et sont réparties aléatoirement. Deux d'entre elles, plantées de *Ziziphus mauritiana* Lam, n'ont pu être suivies

compte tenu d'attaques parasitaires trop importantes et ont donc été exclues de l'étude. Au niveau de chaque extrémité du clayonnage, des zones tampons de la taille des parcelles sont aménagées et plantées en mélange avec des pieds de *Prosopis juliflora* et *Acacia senegal* en nombre égal, soit 36 pieds par espèce et par parcelle.

Des mesures de croissance en hauteur ont été effectuées chaque année, durant 3 années successives, sur 10 plants choisis aléatoirement pour chacune des espèces. Le taux de survie a également été calculé chaque année sur l'ensemble des plants de chacune des parcelles.

Essais en pépinière.

Les plants des 7 espèces ont été disposés en blocs randomisés et arrosés une fois par jour avec de l'eau provenant d'un puits.

Après six mois en pépinière, les plants ont été soumis à un stress hydrique par conduite à sec (interruption d'arrosage) pendant 6 jours.

Après ces 6 jours de stress hydrique, les mesures d'hydratation des feuilles ont été réalisées suivant un dispositif factoriel comprenant 7 espèces x 12 plants.

Des feuilles sont prélevées et immédiatement pesées pour obtenir le poids frais (PF). Après un séchage au soleil d'une durée de 7 jours, ces feuilles sont à nouveau pesées pour déterminer le poids sec (PS). Le taux d'hydratation est calculé selon la formule : $100 \times (PF - PS) / PF$.

L'hydratation exprime la teneur en eau dans les tissus. Son évolution traduit la capacité des plants à limiter les pertes d'eau en dépit du stress hydrique auquel ils sont soumis.

Les valeurs de taux d'hydratation ont été traitées via une analyse de variance.

RESULTATS

La figure 2 présente les différents taux de survie enregistrés durant les trois premières années au niveau de la dune préfixée.

Dès la première année, on constate des différences entre les espèces. Les taux de survie les plus élevés ont été observés pour *Prosopis juliflora*, *Balanites aegyptiaca*, *P. chilensis* et *Acacia nilotica*.

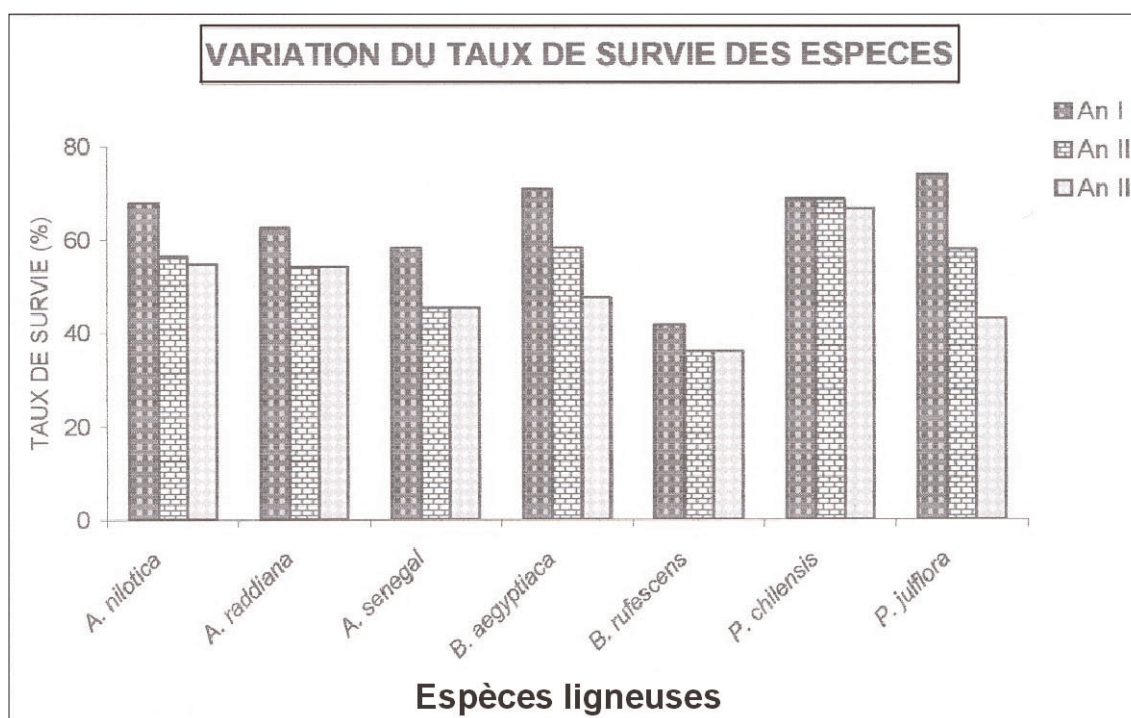


Figure 2 : Variation de taux de survie chez les espèces sur site transplanté.

Ces espèces, qui paraissent être les plus performantes, présentent des taux de survie voisins de 70%. Ce taux n'est plus que de 60% chez *Acacia raddiana* et *A. senegal*.

Bauhinia rufescens et *Ziziphus mauritiana* sont les moins performants, avec respectivement 40 et 30%, environ, de taux de survie la première année.

Après trois ans, seule l'espèce *Prosopis chilensis* a pu maintenir un taux de survie comparable à celui de la première année (66,59% contre 68,75 %).

En ce qui concerne les autres espèces, si *Acacia nilotica* et *A. raddiana* gardent des taux de survie supérieurs à 50% , *Balanites aegyptiaca* et *A. senegal* ne sont plus qu'à 45% et *P. juliflora* et *B. rufescens* tombent respectivement à 43 et 36%.

Cependant, ces résultats masquent une variabilité dans l'évolution des taux de survie chez les espèces. En effet, certaines espèces, qui avaient montré une mortalité de plants élevée en première année, ont maintenu la même population les deux années suivantes. Il s'agit d'*Acacia raddiana*, *A. senegal* et *B. rufescens* et, dans une moindre mesure d'*A. nilotica* et *P. chilensis*, qui ont perdu moins de 3% de leur population de la deuxième année.

Par contre, *Balanites aegyptiaca* et *Prosopis juliflora* ont perdu encore entre 10 et 15% de cette population.

Sur le site de la transplantation, *Prosopis chilensis* et *P. juliflora* ont connu une croissance en hauteur beaucoup plus rapide que les espèces autochtones (figure 3). En effet, de la première à la troisième année, leur croissance respective est de 60 et 35 cm en moyenne. Cette valeur tombe à 22 cm pour l'espèce indigène qui a la plus forte croissance (*A. raddiana*). *B. rufescens*, *B. aegyptiaca* et *A. senegal* ont eu la croissance la plus lente avec des moyennes respectives de 15, 13 et 8 cm seulement.

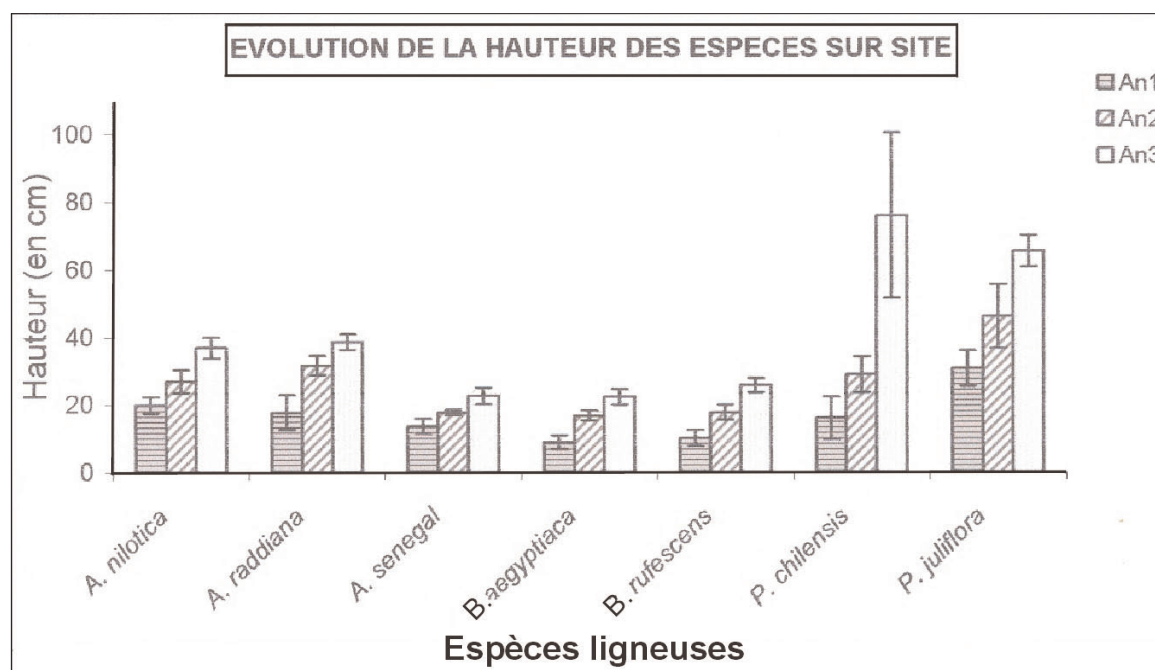


Figure 3 : Evolution de la croissance en hauteur des espèces sur site et écarts-types.

En termes de croissance en hauteur, les espèces exotiques testées sont donc plus performantes que les cinq espèces indigènes.

En pépinière, les mesures de taux d'hydratation des plants soumis au stress hydrique ont montré une grande variabilité (figure 4).

L'analyse statistique a classé les espèces en trois groupes homogènes statistiquement différents. Seul présent dans le premier groupe, l'*Acacia senegal*, qui a connu la croissance en hauteur la plus faible, a significativement limité la perte d'eau par rapport aux autres espèces. *A. senegal* est donc l'espèce la plus tolérante à la contrainte hydrique. Le deuxième groupe homogène, regroupant les espèces de sensibilité intermédiaire, comprend *Acacia raddiana*, *A. nilotica* et *P. chilensis*. Le troisième groupe homogène, regroupant les espèces les plus sensibles ayant perdu le plus d'eau, comprend *P. juliflora*, *B. rufescens* et *B. aegyptiaca*.

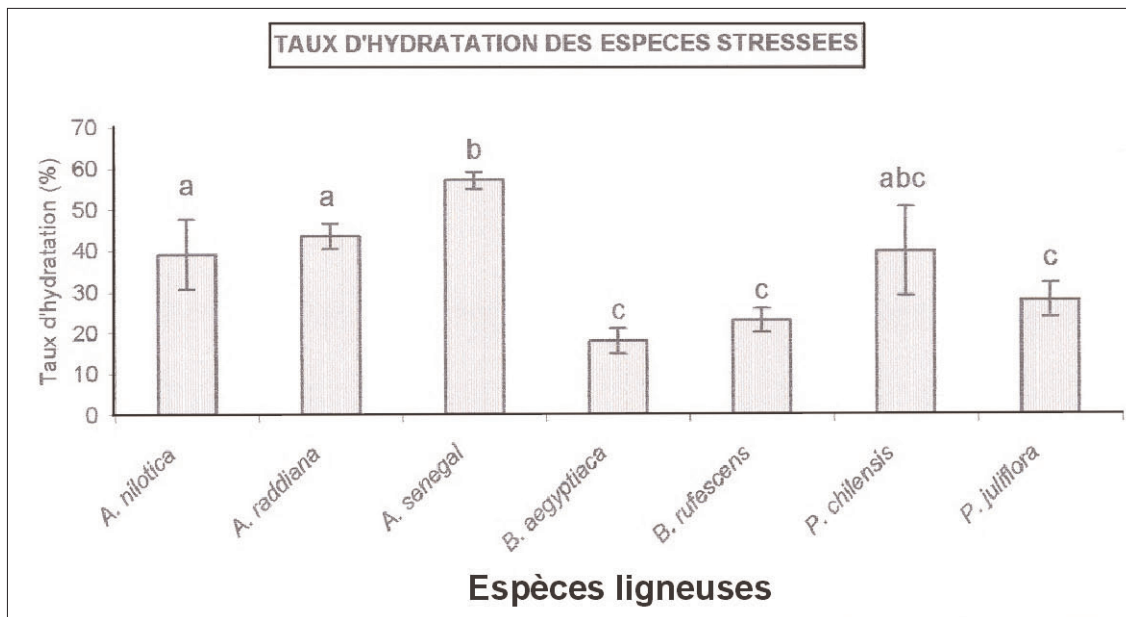


Figure 4 : Taux d'hydratation des espèces après 6 jours de conduite à sec et écarts-types.

On peut donc classer les espèces comme suit : *A. senegal* > *A. raddiana* = *A. nilotica* = *Prosopis chilensis* > *P. juliflora* = *B. rufescens* = *B. aegyptiaca*.

DISCUSSION

Les résultats relatifs aux taux de survie montrent qu'en général, après la mortalité observée durant la première année, et probablement due au choc de transplantation, les différents acacias maintiennent leur population tout au long de l'expérimentation. Leur système racinaire pourrait expliquer cette adaptation. En effet, selon VASSAL (2003), le système racinaire pivotant est souvent particulièrement développé en profondeur chez Acacia. Cet auteur rapporte aussi la mise au jour lors des travaux du canal de Suez, de racines profondes atteignant une cinquantaine de mètres de longueur, pour une part attribuées aux acacias. Le fort taux de survie des acacias sur ce milieu aride serait favorisé par la perte saisonnière du feuillage et par la réduction de la conductance stomatique, qui contribuent à une diminution de l'intensité transpiratoire (GROUZIS & LE FLOCH, 2003).

Les deux espèces de *Prosopis* ont également montré des taux de survie très appréciables, probablement à cause de leur installation rapide sur la dune, grâce notamment à leur système racinaire profond mais aussi à leur capacité à pousser sur les sols sablonneux qui caractérisent cette région. Cependant, bien que ces espèces introduites montrent la plus forte croissance dans notre étude, de nombreux auteurs ont rapporté une disparition subite des plants au delà de la quatrième année de transplantation. Ainsi, GAYE *et al.* (1998) rapportent qu'au Sénégal une étude a prouvé, que les acacias australiens avaient un taux de survie supérieur à 80%, une croissance plus rapide que la plupart des espèces locales mais aussi un dépérissement à partir de la quatrième année ainsi qu'une perte d'aptitude à rejeter. Selon PASIECZNIK *et al* (2001), ces espèces sont capables de survivre dans des régions avec des précipitations annuelles exceptionnellement faibles ou de très longues périodes sèches pour autant que les racines soient capables d'atteindre et de rester en contact avec l'eau de la nappe dès les premières années de plantation. Nos résultats indiquent aussi que les deux espèces de *Prosopis* présentent des taux d'hydratation relativement plus faibles par rapport aux acacias, en condition de stress hydrique.

Dans le cadre des opérations de fixation de dunes, il serait judicieux de planter ces espèces dans les premières lignes afin qu'elles protègent les autres espèces, considérées plus performantes en termes de résistance au stress hydrique et en durée de vie, de l'agression des

vents et de l'abrasion des feuilles par le sable transporté. Cela permettrait ainsi une meilleure croissance et une colonisation durable de la dune.

Nos résultats montrent aussi les valeurs élevées du taux de survie et de la croissance de l'*A. raddiana* parmi les acacias étudiés. Ils sont en accord avec ceux de GAYE *et al.* (1998), qui rapportent que *A. raddiana* présente, par rapport à *A. seyal* et *A. senegal*, le meilleur taux de survie après la reprise, et la meilleure croissance dans des plantations réalisées au Sénégal. Nos résultats sont également en accord avec ceux de GROUZIS (1984) qui rapporte qu'*A. raddiana* a eu le meilleur taux de survie (avoisinant les 50%) dans une zone du Burkina Faso recevant 350 mm de pluies par an, parmi huit espèces indigènes dont d'autres *Acacia* spp., *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et trois espèces exotiques, et cela, quel que soit le type de sol.

A. raddiana occupe aussi la deuxième place dans la limitation de la perte en eau en période de stress hydrique. Cette performance à s'adapter en milieu aride serait due à la longueur de ses racines et à la réduction de ses besoins en eau du fait de la faible surface foliaire (PRASAD, 1991 ; DIOUF, 1996 ; BERGER *et al.*, 1996 ; GROUZIS *et al.*, 1998). C'est une espèce particulièrement résistante à la sécheresse et adaptée à une large gamme de pluviosité. Dans l'essai de stress hydrique (figure III), l'*Acacia senegal* présente la meilleure limitation en perte d'eau des tissus. C'est une espèce très résistante à la sécheresse, qui prospère sur les plaines sableuses sèches ou les dunes (DORAN *et al.*, 1983). Les principaux problèmes auxquels est confrontée cette espèce demeurent sa sensibilité aux attaques parasitaires et aux maladies ainsi que sa croissance très lente (COLONNA *et al.*, 1991). Ceci constitue souvent une entrave dans son utilisation pour la fixation de dunes, où une croissance rapide est souhaitée pour éviter l'ensevelissement des jeunes plants. Une biomasse importante est également désirée pour ralentir la force du vent.

Dans une moindre mesure que les *Acacia raddiana* et *senegal*, l'*A. nilotica* présente une limitation appréciable de la perte d'eau des tissus en conditions de stress hydrique. Cette espèce présente un meilleur taux de survie et une croissance plus rapide que l'*A. senegal*, ce qui lui confère une place de choix dans la fixation de dunes où ces atouts sont recherchés pour assurer un recouvrement effectif et rapide des surfaces. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par NDOUR & DANTHU (1998), qui ont classé *A. raddiana* et *A. senegal* parmi les espèces les plus tolérantes à la contrainte hydrique et *A. nilotica* parmi les plus sensibles, dans un lot regroupant aussi *A. albida*, *A. dudgeoni*, *A. seyal*, *A. sieberiana* et *A. erhenbergiana*.

Par contre, les espèces *Balanites aegyptiaca* et *B. rufescens* présentent les résultats les moins performants en termes de résistance au stress hydrique et de croissance en hauteur. *Balanites aegyptiaca*, malgré un taux de survie important et son système racinaire latéral et pivotant, ne constitue pas une espèce fixatrice de dunes. En effet, son principal inconvénient est la lenteur de sa croissance au cours des premières années, qui constitue un sérieux handicap pour résister à l'ensevelissement. Selon M'BARE (2001), cette lenteur de croissance est probablement liée à son système racinaire traçant très insuffisant, qui ne lui permet pas de valoriser les petites précipitations de moins de 30 mm qui, pourtant, caractérisent les zones arides au Sahel.

L'espèce *Bauhinia rufescens*, bien qu'elle supporte très bien les sols sableux et secs, est inadaptée dans la fixation de dunes, en raison de sa croissance lente et de son faible potentiel à limiter la perte d'eau des tissus en période sèche.

CONCLUSION

Les différents résultats ont montré que : (i) les espèces exotiques testées (*Prosopis* sp.) sont plus performantes en termes de croissance rapide, (ii) les espèces d'*Acacia* sont plus résistantes au stress hydrique et, (iii) ces deux groupes se valent sensiblement en taux de survie après trois ans. Tous ces paramètres contribuent, en général, à la réussite d'une fixation biologique des dunes.

L'inconvénient majeur du *Prosopis* pour son utilisation à long terme est le peu de longévité des espèces exotiques. Celui de *Acacia* est sa croissance lente.

En croisant les différents résultats de cette étude (taux de survie, croissance en hauteur et limitation des pertes d'eau) il apparaît qu'une combinaison de *Prosopis* (croissance initiale rapide) et *Acacia* (meilleure longévité et usages plus intéressants) permettrait de combiner à la fois l'efficacité de la fixation des dunes à court terme et l'intérêt socio-économique ultérieur de la plantation.

REFERENCES

- BERGER A., GROUZIS M. & FOURNIER C. 1996. The water status of six woody species coexisting in the Sahel (Ferlo, Senegal). *Journal of Tropical Ecology*, 12: 607-627
- COLONNA J. P., DUCOUSSO M. & BADJI S. 1991. Peut-on améliorer la croissance de l'*Acacia senegal* L. Willd. et du système symbiotique '*Acacia senegal* - Rhizobium'. Fonds Documentaire ORSTOM. Bx 14318 Ex. 1.
- DIOUF M. 1996. Etude du fonctionnement hydrique et réponses à l'aridité de ligneux sahéliens. Cas de *Acacia raddiana* en zone soudano-sahélienne du Sénégal. Thèse de 3^e cycle, UCAD Dakar, 172p.
- DORAN J.C., BOLAND D.J., TURNBULL J.W. & GUNN B.V. 1983. Guide des semences d'acacia des zones sèches : Récolte, extraction, nettoyage, conservation et traitement des graines d'acacias des zones sèches, FAO, Q2190/F, 127p.
- GAYE A., SALL P. N. & SAMBA S. A. N. 1998. Bilan des recherches sur les introductions d'acacias australiens au Sénégal. In : Campa C., Grignon C., Gueye M., Hamon S. *L'Acacia au Sénégal*. Colloques et séminaires, ORSTOM Editions, 137-158.
- GROUZIS M. 1984. Restauration des pâturages sahéliens. Synthèses des travaux de reboisement dans la région de Markoye (Burkina Faso). Rapport multigraph., ORD-Sahel-Orstom-FED, Ouagadougou, 26p.
- GROUZIS M., DIOUF M., BERGER A. & ROCHETEAU A. 1998. Fonctionnement hydrique et réponses des ligneux sahéliens à l'aridité. In : Nef C., Grignon C., Gueye M., Hamon S., éd. : *L'Acacia au Sénégal*, Paris, Orstom/Isra, Coll. Colloques et séminaires: 47-61.
- GROUZIS M. & LE FLOCH E. 2003. *Acacia raddiana*, un arbre des zones arides à usages multiples. In : Grouzis M., Le Floch E. Un arbre au désert - *Acacia raddiana*. IRD Editions, 21-58.
- IKTAM. A. & KHO, R 1996. Rapport d'activités 1996. Département de recherches forestières, INRAN, Niamey, Niger, 40p.
- LARWANOU M. 1994. Potentials of *Prosopis africana* leaf litter for soil nutrient enhancement and crop development. M.Sc thesis. Department of Forest resources Management, University of Ibadan, 95p.
- LARWANOU M. & MOUSTAPHA A. 2003. Mise au point de techniques de plantation des arbres en milieu aride fondées sur l'économie de l'eau et des éléments minéraux. In : Rapport d'activités 2001-2002. Projet Régional AIEA, CT RAF/05/48 « Lutte contre la Désertification dans le Sahel ».
- M'BARE C. O. 2001. *Situation des ressources génétiques forestières de la Mauritanie*. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/CIRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998), Département des forêts, FAO. Bulletin. Hrsg : ORSTOM. 10^{ème} réunion du Réseau Erosion, Montpellier.
- NDOUR P. & DANTHU P. 1998. Effets des contraintes hydriques et saline sur la germination de quelques acacias africains. In : Campa C., Grignon C., Gueye M., Hamon S. (1998). *L'Acacia au Sénégal*. Colloques et séminaires, ORSTOM Editions, 105-122.
- PASIECZNIK N. M., FELKER P., HARRIS P. J. C., HARSH L. N., CRUZ G., TEWARI J. C., CADORET K. & MALDONADO L. J. 2001. The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A monograph, HDRA, Coventry, UK. 162p.
- PRASAD R. 1991. Sylviculture and utilization. Use of Acacias in Wastelands reforestation. In: Proceedings of advances in tropical Acacia Research, Bangkok, Thailand, John W. Thurnbule: 96-102
- VASSAL J. 2003. Introduction. In : Grouzis M., Le Floch E. Un arbre au désert - *Acacia raddiana*. IRD Editions, 13-17.

