

Evaluation de la tolérance à la salinité d'arbres et d'arbustes pour la valorisation de terres marginales et eaux salines

El Allam M. et El Khadir M.

INRA Maroc

Résumé. Au Maroc la superficie des sols affectés par la salinité est estimée à plus d'un million d'hectares. Outre les sols salins, la plupart des eaux de nappes sont également salines et leur teneur en sels dépasse 2g/l. Cette recherche a pour objectif l'évaluation de la tolérance à la salinité d'arbres et d'arbustes afin de choisir les espèces appropriées pour la valorisation des terres marginales affectées par la salinité et des eaux souterraines salines. Cette étude a été conduite à Aïn El Atti, Province d'Errachidia. Les espèces testées sont *Acacia ampliceps*, *Acacia stenophylla*, *Casuarina glauca*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala*, *Atriplex amnicola*, *Atriplex canescens*, *Atriplex halimus* 276, *Atriplex halimus* 281, *Atriplex nummularia* et *Atriplex lentiformis*. L'eau d'irrigation utilisée provient d'une nappe souterraine saline dont la teneur en sels est de 10g/l. Les observations effectuées au champ et les résultats obtenus montrent que *A. ampliceps* et *E. camaldulensis* présentent une bonne croissance et une bonne tolérance à la salinité. Six ans après leur transplantation, leurs taux de survie respectifs sont de 79 et 70%. S'agissant d' *A. stenophylla* et de *C. glauca* et, ces deux espèces ont des taux de survie de 54 et 73%. Quatorze mois après leur transplantation les espèces d'*Atriplex* ont montré une bonne tolérance à la salinité avec un taux de survie compris entre 95% et 84%.

Mots clés: Sol, Salinité, Tolérance, Arbres, Arbuste, *Atriplex*

Summary. In Morocco, salt affected lands are estimated to more than one million hectares. Besides salt affected lands, ground water is saline with salt content exceeding 2g/l. This research aims to evaluate salt tolerance of plants in order to choose suitable species that could be used for rehabilitate salt-affected waste lands and utilization of saline ground water. This study was carried out at Aïn El Atti site in Errachidia Province. The species tested were *Acacia ampliceps*, *Acacia stenophylla*, *Casuarina glauca*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala*, *Atriplex amnicola*, *Atriplex canescens*, *Atriplex halimus* 276, *Atriplex halimus* 281, *Atriplex lentiformis* and *Atriplex nummularia*. The water used was saline groundwater (10g/l). According to field observations and data collected, *A. ampliceps* and *E. camaldulensis* present good growth and good survival rate. Six years after their transplantation, survival rate of *A. ampliceps* and *E. camaldulensis* was about 79% and 70% respectively. In case of *A. stenophylla* and *C. glauca* those species had a survival rate of about 54% and 73% respectively. Fourteen months after their transplantation *Atriplex* species showed a good rate of survival which varied from 95% to 84%.

Keywords: Soil, Salinity, Tolerance, Trees, Shrubs, *Atriplex*.

Introduction

Au Maroc, la superficie des sols affectés par la salinité à des degrés divers est estimée à plus d'un million d'hectares. Outre les sols salins, la plupart des eaux de nappes sont également salines et leurs teneurs en sel dépassent 2g /l (Ambri, 1998).

Dans certains pays affectés par la salinité, des travaux de recherche ont abouti à la sélection de plantes tolérantes au sel. Il a été également démontré que ces plantes cultivées dans les sols

salins irrigués avec de l'eau saline peuvent être économiquement rentables, améliorent l'environnement et contribuer à la lutte contre l'érosion et la désertification (NIAB, 1997; Marcar et al., 2000)

Au Maroc, cette approche a été initiée par l'Institut National de la Recherche Agronomique et l'Agence Internationale de l'Energie Atomique en collaboration avec l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Tafilalet. Elle consiste à expérimenter les plantes tolérantes au sel et à choisir les espèces les plus appropriées pour valoriser les terres marginales affectées par la salinité et les eaux souterraines salines.

Matériel et méthodes

Site

Cette étude a été conduite à la ferme expérimentale de l'ORMVA du Tafilalet à Aïn El Atti Province d'Errachidia près d'Erfoud. La région est située dans la zone pré saharienne au sud-est du pays. Elle se caractérise par la rareté de l'eau et une désertification de plus en plus inquiétante. Le climat de la région est semi-désertique avec une moyenne annuelle de précipitations de 60 mm. En été, les températures maximales peuvent atteindre 40°C.

Sol

Le sol est limono sableux ayant une teneur en argile de 10% et une teneur en sable de 69%. Le pH varie entre 8,4 et 8,8. La teneur en calcaire total est de 10%. Le sol est pauvre en matières organiques (0,07%) et phosphore assimilable (2 ppm de P₂O₅ Olsen). La teneur en potassium assimilable est de 419 ppm de K₂O. La capacité d'échange cationique varie entre 6,6 et 4,7 méq/100g. La conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est de 2,5 dS/m dans l'horizon 0-30 cm et de 11 dS/m au-delà de 45 cm (Tikdirine, 1998).

Eau d'irrigation utilisée

L'eau utilisée pour l'irrigation des espèces testées provient de la nappe artésienne salée de Aïn El Atti dont la teneur en sel est d'environ 10g/l.

Matériel végétal

Le choix des espèces a été fait sur la base de leur tolérance au sel et de leur importance économique et écologique. Les semences fournies par le NIAB (arbres et *Atriplex lentiformis*) et le CPSP (les autres *atriplex*) ont été semées en pépinière dans des sachets en plastique remplis de terreau (Carter, 1987). A l'âge de quatre mois, les jeunes plants ont été transplantés au champ et irrigués immédiatement. Les espèces testées sont consignées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Tolérance à la salinité de différentes espèces

Espèces	EC en dS/m	% de sels	Références
Arbres			
<i>Acacia ampliceps</i> *	35,7	2,28	NIAB (1997)
<i>Casuarina glauca</i> *	24,4	1,56	"
<i>Leucaena leucocephala</i> *	12,4	0,79	"
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> *	12,0	0,77	Naqvi M.H (communication personnelle)
<i>Acacia stenophylla</i>	15-25	-	Barson and Barrett-Lennard (1995)
Arbustes			
<i>Atriplex nummularia</i> *	38,0	2,43	NIAB (1997)
<i>Atriplex amnicola</i> *	33,0	2,11	"
<i>Atriplex lentiformis</i> *	23,0	1,47	"
<i>Atriplex canescens</i>	-	-	
<i>Atriplex halimus</i> 276	-	-	
<i>Atriplex halimus</i> 281	-	-	

* Salinité de la rizosphère associée à 50% de réduction du rendement.

Dispositif expérimental

Arbres

Les arbres ont été plantés dans de grandes parcelles avec des espacements de 1mx1m pour *A. ampliceps*, *E. camaldulensis* et de 3mx3m pour *C. glauca*, *A. stenophylla* et *L. leucocephala*.

b. Arbustes fourragers

Six espèces d'*atriplex* ont été arrangées dans un dispositif en bloc aléatoire complet avec 4 répétitions. L'espacement adopté est de 2mx3m avec 24 plants par parcelle élémentaire.

Observations et mesures

Les observations et mesures suivantes ont été effectuées:

- Arbres : Taux de survie, hauteur de l'arbre, diamètre du tronc à 1,30m du sol ou diamètre basal mesuré au niveau du sol.
- Arbustes fourragers: Taux de survie, hauteur au moment de la coupe, production de matière verte et production de matière sèche.

Résultats

Taux de survie et croissance des arbres

Les résultats obtenus après six années d'expérimentation sont rapportés dans le Tableau 2. Ces résultats montrent que *A. ampliceps* et *E. camaldulensis* ont une bonne tolérance à la salinité, une bonne adaptation est une croissance très impressionnante. Six ans après la transplantation, *A. ampliceps* a un taux de survie de 79% et un diamètre basal de 9,06 cm. *E. camaldulensis* a un taux de survie de 70% et un diamètre du tronc de 8,07 cm.

S'agissant d'*A. stenophylla* et de *C. glauca*, ces deux espèces ont des taux de survie de l'ordre de 54 et 73% et une croissance en hauteur moins rapide que les deux espèces précédentes.

Parmi les espèces testées, *Leucaena leucocephala* s'est avérée non adaptée aux conditions environnementales de Aïn El Atti car elle ne tolère pas les basses températures.

Tableau 2. Taux de survie et croissance des arbres irrigués avec de l'eau saline (10g /l)

Espèces	Nombre d'arbres plantés	Taux de survie %	Hauteur à l'âge de 3 ans (m)	Diamètre à l'âge de 6 ans (cm)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	630	70	4,43	8,07 (1)
<i>Casuarina glauca</i>	15	73	0,70	4,26 (1)
<i>Acacia ampliceps</i>	367	79	1,74	9,06 (2)
<i>Acacia stenophylla</i>	22	54	1,35	9,63 (2)
<i>Leucaena leucocephala</i>	128	0	-	-

(1): Diamètre du tronc à 1,30m du sol ; (2) : Diamètre du tronc au niveau du sol.

Taux de survie et production de biomasse des arbustes fourragers

Les résultats obtenus après quatorze mois d'expérimentation à Aïn El Atti sont rapportés dans le Tableau 3. Ces résultats montrent que les six espèces d'atriplex ont une bonne tolérance à la salinité et ont un taux de survie compris entre 95 % et 84 %. En ce qui concerne la production totale de matière sèche des deux coupes effectuées, l'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre les espèces.

Les six espèces d'atriplex plantées à une densité de 1666 plants/ha et irriguées avec une eau fortement saline (10 g/l) ont donné en quatorze mois une production moyenne de 10 t/ha de matière verte et de 3 t/ha de matière sèche. *A. nummularia* a donné la plus faible production de matière sèche à l'hectare (1,89 t/ha) alors que *A. lentiformis* a donné la meilleure production (3,41 t/ha). Au moment de la deuxième coupe, *A. lentiformis* a montré une croissance en hauteur supérieure à celle des autres espèces.

Tableau 3. Taux de survie et production de biomasse de six espèces d'atriplex irriguées avec l'eau saline (10 g/l)

Espèces	% survie		Hauteur (cm)		Matière verte (t/ha)			Matière sèche (t/ha)		
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	Total	C1	C2	Total
<i>A. amnicola</i>	96	87	53	52	7,57	3,08	10,65	2,24	0,63	2,87
<i>A. canescens</i>	94	84	74	69	7,14	3,95	11,09	2,56	0,83	3,39
<i>A. halimus 276</i>	100	95	94	88	5,65	3,67	9,32	2,65	0,69	3,34
<i>A. halimus 281</i>	97	95	89	79	5,45	3,84	9,29	1,87	0,64	2,51
<i>A. lentiformis</i>	97	95	88	114	8,24	3,49	11,73	2,52	0,89	3,41
<i>A. nummularia</i>	94	90	67	54	5,97	1,92	7,89	1,59	0,30	1,89

C1: 1^{ère} coupe (8 mois après plantation), C2: 2^{ème} coupe (6 mois après C1)

Discussion

Au terme de ces années d'essais, la plupart des espèces testées ont montré une bonne tolérance à la salinité et une croissance bonne à assez bonne. Ces résultats obtenus au site de Ain El Atti montrent aussi qu'il est possible de réussir l'installation d'espèces tolérantes au sel et produire de la biomasse même avec de l'eau saline. En comparaison avec les travaux similaires d'évaluation des espèces pour la tolérance à la salinité réalisés au Pakistan, il s'avère que les espèces telles que *E. camaldulensis*, *A. ampliceps*, *C. glauca* présentent à peu près les mêmes performances (NIAB, 1997, Ansari et al., 2000). En ce qui concerne les atriplex, il a également été démontré que dans les conditions salines *A. lentiformis* produit plus de biomasse que *A. amnicola* et qu'à cause de leur tolérance à la salinité, les atriplex peuvent assurer une production de biomasse là où d'autres espèces ne peuvent pas en produire suffisamment (NIAB, 1997). Dans un autre essai à Ain El Atti, *A. lentiformis* a donné une production moyenne de matière sèche d'environ 6,8 t/ha /an (INRA, 2001).

Des essais conduits au sud du Maroc (près de Tantan) ont montré que différentes espèces d'atriplex plantées à une densité de 10 000 plants/ha et irriguées à l'eau saline contenant 10g /l du sel présentent un potentiel économique pour la région et ont montré que *A. lentiformis* produit le plus de biomasse (Choukr-Allah, 1991).

L'intérêt de l'introduction de ces espèces dans les sols marginaux affectés par la salinité réside dans leur capacité à valoriser ces sols, à produire de la biomasse, à améliorer l'environnement, à lutter contre l'érosion et la désertification et à permettre l'installation de la faune sauvage. La biomasse produite par les arbres peut être utilisée comme bois de feu, bois d'œuvre ou charbon dans les régions où existe un déficit énergétique. Les arbustes fourragers peuvent être utilisés comme ressources fourragères dans les régions arides et semi-arides soumises aux fluctuations climatiques et où l'eau est le facteur limitant.

Cependant l'utilisation de ces plantes sous irrigation avec de l'eau saline nécessite une bonne gestion de l'irrigation afin d'éviter l'accumulation continue du sel dans le sol surtout si les propriétés physiques telles que la texture, la structure et la perméabilité ne sont pas favorables (Ahmed et Ismail, 1991, Mashali, 1991, Marcar et al., 2000). Parallèlement à la bonne gestion de l'irrigation, un suivi régulier de la qualité du sol est nécessaire. Ce suivi a pour objectif d'évaluer les effets de l'eau d'irrigation sur les propriétés physiques et chimiques du sol et d'avoir des informations sur le niveau de salinité (Beqqali and El Mjahed, 2000).

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation ont montré que les espèces telles que *Eucalyptus camaldulensis*, les acacias et les atriplex sont adaptées aux conditions salines de Ain El Atti.

Ces résultats ont également montré que parmi les arbustes, *Atriplex lentiformis* présente un potentiel important de production de biomasse.

La réussite de la plantation de ces espèces dans les conditions salines démontre la possibilité d'utiliser ces plantes pour valoriser les terres marginales affectées par la salinité et les eaux salines.

Des recherches sont nécessaires afin d'évaluer à long terme l'impact de l'utilisation des eaux salines sur l'évolution de la salinité et des propriétés physiques et chimiques du sol.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement Ambri A., coordonnateur national du projet, l'AIEA (Project INT/5/144), l'ORMVA du Tafilalet, Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB) et le Centre de Production des Semences Pastorales (CPSP), Fanissi D., Mamouni M., Talhi A. et Samit R. pour les aides et facilités qu'ils ont apportées à la réalisation de cette étude.

Références bibliographiques

Ahmed R. and Ismail S. 1991. Consideration of crop and soil management in biosaline agriculture. In (ed.) Choukr-Allah, R. Plant salinity research new challenges. pp 435-443, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

Ambri A. 1998. Inter-regional project on sustainable utilization of saline groundwater and wastelands for plant production. Report presented at the coordination meeting. Tunis, November 1998. INRA, Rabat, Morocco.

Ansari R., Marcar N., Morris J.D., Alam S.M., Shirazi M.U. and Ali M. 2000. Woody plant species for utilization and amelioration of high saline soils. In (ed.) Ismail, S. Prospects for saline agriculture, Abstracts, International seminar, University of Karachi, Pakistan.

Barson M. and Barrett-Lennard E. 1995. Productive use and rehabilitation of Australia's saline lands. Australian Journal of Soil and Water Conservation, 8(3): 33-37.

Beqqali M. and El Mjahed K. 2000. Soil monitoring. Sustainable utilization of wastelands and saline groundwater for plant production, IAEA Project (INT/5/144). In Ambri A (ed.) Report of phase I presented at the coordination meeting, Islamabad.

Carter E.J. 1987. From seed to trial establishment, DFR user series number 2, Forest research. CSIRO. Australia.

Choukr-Allah R. 1991. The use of halophytes for agricultural development of the southern part of Morocco. In (ed.) Choukr-Allah, R. Plant salinity research new challenges. pp 377-385, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

INRA-DMP. 2001. Sustainable utilization of wastelands and saline groundwater for plant production, IAEA Project (INT/5/144), Progress report, Inra, Département du Milieu Physique.

Marcar N., Arnold R., Crawford D., Benyon R. and Theiveyanathan T. 2000. Prospects for the productive use and rehabilitation of salt-affected land through farm forestry. In (ed.) Ismail, S. Prospects for saline agriculture, International seminar, University of Karachi, Pakistan.

Mashali A. M. 1991. Management practices under salines conditions. In (ed.) Choukr-Allah, R. Plant salinity research new challenges. pp 213-229, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

NIAB. 1997. Economic utilization of salt affected soils. Silver jubilee of NIAB, fifth five year report on research and other activities. 6 April 1972 - 6 April 1997, NIAB. Faisalabad. Pakistan. pp 123-134.

Tikdirine A. 1998. Initial status of soil. In Ambri A (ed.) Inter-regional project on sustainable utilization of saline groundwater and wastelands for plant production. Report presented at the coordination meeting. Tunis, November 1998.