
Soumis le : 02 Novembre 2010

Forme révisée acceptée le : 22 Avril 2011

Email de l'auteur correspondant :

ahaddioui@yahoo.fr

Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre Atriplex

Said BOUDA^{a,b}, Abdelmajid HADDIOUI^b

^a Laboratoire de Biochimie et Biotechnologies des Plantes, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences-Semlalia, B.P. 2390, 40000, Marrakech, Maroc.

^b Laboratoire de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Équipe de Génétique et Biotechnologie Végétale, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 523, Beni Mellal, Maroc.

Résumé

La présente étude est réalisée dans l'objectif de comparer les niveaux de tolérance à la salinité de six espèces du genre *Atriplex* durant la germination. Les résultats préliminaires montrent que la germination est complètement inhibée à 20 g/l de NaCl pour toutes les espèces. Ainsi, trois doses de NaCl ont été utilisées : 5, 10 et 15 g/l. La germination est évaluée par le taux cumulé de graines germées durant une période de 30 jours. En outre la longueur, le poids frais et sec ont été mesurés sur des plantules âgées de 30 jours. La germination est maximale dans l'eau distillée et diminue avec l'augmentation de la concentration en sel du milieu. L'augmentation de la concentration en sel ne retarde pas la germination bien qu'elle diminue le taux de germination et réduit le pourcentage final de germination. La réponse des graines des *Atriplex* au stress salin varie dans le temps avec la concentration en sel. L'effet de NaCl sur la germination varie aussi avec l'espèce, vu que le pourcentage de germination final et la croissance des plantules diffèrent significativement entre les espèces étudiées. *Atriplex halimus* d'origine marocaine et *Atriplex nummularia* se sont révélées les plus tolérantes à la salinité.

Mots clés : *Atriplex*; salinité; NaCl; germination; plantules.

1. Introduction

Les écosystèmes arides et semi arides constituent environ 2/3 de la surface du globe terrestre [1]. Dans ces écosystèmes, marqués par des sécheresses rigoureuses et fréquentes, la salinisation des sols se manifeste comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. Au Maghreb et au Moyen-Orient, 15 millions d'hectares de terres agricoles sont sujets à une salinisation croissante [2]. Au Maroc, la salinisation des sols prend des dimensions alarmantes en réduisant les terres cultivables et menaçant l'équilibre alimentaire de ces régions [2]. L'introduction d'arbustes fourragers et/ou l'utilisation de ceux autochtones résistants à l'aridité, a été adoptée depuis 1920, comme l'un des moyens utilisés pour la valorisation des sols dégradés dans l'Ouest d'Asie et le Nord d'Afrique [3]. Le genre *Atriplex* de la famille des chénopodiacées, appartient aux halophytes de grande importance écologique et économique, en considérant sa tolérance aux sels, son adaptation aux conditions d'aridité et son intérêt pastoral, a particulièrement retenu

l'attention des services de mise en valeur agricole. Les espèces d'*Atriplex* sont géographiquement omniprésentes au monde et se développent naturellement dans des habitats salins [4 ; 5]. Depuis 1970, Une douzaine d'espèces du genre *Atriplex* ont été introduites au Maroc pour les exploiter en tant qu'espèces fourragères et pour les utiliser dans la réhabilitation des zones endommagées par la désertification et la dégradation des forêts et des sols [6 ; 7]. Ces arbustes fourragers présentent un fourrage vert et de bonne qualité durant toute l'année, constituant ainsi des réserves fourragères sur pieds. Les espèces d'*Atriplex* se développent naturellement dans des sols salins; néanmoins, au cours de leur développement, diverses espèces expriment des niveaux différents de tolérance à la salinité. Ainsi, une étude comparative d'espèces d'*Atriplex* vis à vis de leur comportement à la salinité du sol est indispensable pour l'étiquetage des espèces tolérantes. Ces espèces peuvent servir dans les programmes de sélection de matériel végétal qui peut être utilisé dans les projets d'amélioration pastorale et de lutte contre la désertification.

Les espèces d'*Atriplex* répondent différemment à la salinité selon les stades de développement de la plante [8].

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade germination est souvent limitée par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades [9 ; 10 ; 11]. Les mécanismes d'adaptation à la salinité d'espèces d'Atriplex ont été largement étudiés, mais la plupart des études ont porté sur une ou deux espèces. Jusqu'à présent, des études comparatives de différentes espèces d'Atriplex vis à vis de ce stress abiotique sont rares. La contrainte de réaliser de telle étude vient de grandes difficultés à faire germer ces espèces, particulièrement celles avec des rigoureuses bractées. Ainsi, le présent travail a pour objectif de comparer la réponse de quelques espèces d'Atriplex au stress salin en suivant leur cinétique de germination et mesurant quelques caractères de la plantule.

2. Matériel et Méthode

2.1. Matériel

Le matériel végétal est constitué de six espèces du genre *Atriplex* utilisées dans l'ensemencement des périmètres pastoraux du Maroc. Il s'agit d'*A. amnicola*, *A. lentiformis*, *A. nummularia*, *A. semibaccata*, *A. undulata*, *A. halimus* représenté par deux provenances (Maroc (Mar) et Etats Unis d'Amérique (USA)). Les graines de ces espèces nous ont été fournies généreusement par le Centre de Production des Semences Pastorales, Khmis M'touh, El Jadida, Maroc.

2.2. Méthode

Les graines sont décortiquées manuellement et stérilisées dans une solution d'hypochlorite de calcium 0,5% pendant 20 min. Par la suite elles sont rincées à l'eau distillée et mises à germer dans des boîtes de Petri tapissées de papier filtre. Dans chaque boîte de Petri sont versées 10 ml d'eau distillée (témoin) et 10 ml de solution saline à 5, 10 et 15 g NaCl /L. Chaque essai porte sur 90 graines, soit 3 répétitions de 30 graines par boîte de Petri. La germination est faite dans un incubateur avec une photopériode de 12h et une température constante de 21°C. L'évolution de la germination est suivie durant un mois en calculant le pourcentage cumulé de germination chaque trois jours, l'émergence de la radicule étant l'indicateur de la germination. La longueur, le poids frais et le poids sec ont été reportés sur des plantules, âgées de 30 jours, pour chaque traitement. Le poids sec de

plantules est obtenu après passage à l'étuve pendant 48h à 80 °C.

3. Analyses statistiques

Les données relatives aux pourcentages de germination sont transformées en $\arcsin \sqrt{x}$ avant d'être soumises à une analyse de variance à deux critères de classification (espèce et [NaCl]). Les données de l'émergence de l'appareil végétatif ont été aussi soumises à une analyse de la variance à deux facteurs (espèce et [NaCl]) et à une comparaison multiple des moyennes par la méthode de LSD. Toutes les analyses sont faites selon un modèle linéaire général par le programme SAS.

4. Résultats

4.1. Effet du NaCl sur la germination des graines des *Atriplex*

Les résultats des pourcentages cumulés de germination des graines de différentes espèces d'*Atriplex* étudiées sont présentés dans la figure 1. Les courbes montrent que la cinétique de germination varie distinctement avec l'espèce et le traitement. Ceci est confirmé par l'analyse de la variance, qui a révélé à la fois un effet très hautement significatif de l'espèce et du traitement (Tableau 1). Il est important de noter que pour toutes les espèces d'*Atriplex* étudiées, la germination est complètement inhibée à 20 g/l de NaCl d'où le choix des doses 5, 10 et 15 g/l de NaCl dans cette étude. Le pourcentage de germination diminue significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Néanmoins, l'allure générale des courbes de cinétique de germination pour le témoin et le traitement 5 g/l de NaCl est pratiquement semblable pour toutes les espèces étudiées, à l'exception d'*A. undulata*. En effet, pour les deux traitements (témoin et 5 g/l de NaCl) les germinations empruntent une évolution parallèle pouvant être divisée en deux phases. Une phase exponentielle, entre 0 et 9j ou entre 0 et 15j selon l'espèce, durant laquelle les pourcentages de germination augmentent fortement pour atteindre chez *A. halimus* d'origine Marocaine au neuvième jour 95.56 et 85.56% respectivement aux traitements témoin et 5 g/l de NaCl. La deuxième phase correspond à un palier où les pourcentages cumulés de germination augmentent lentement dans un premier temps pour se maintenir après jusqu'à la fin de l'expérience. Les espèces d'*Atriplex* étudiées se sont montrées tolérantes à une dose de NaCl de 5 g/l, hormis *A. undulata* où le pourcentage de germination chute significativement de 23.33% en présence de 5 g/l de NaCl par rapport au témoin (0 g/l NaCl) après 30 jours de culture. Les germinations des

graines dans 10 g/l de NaCl de traitement suivent une cinétique caractérisée dans un premier temps par une augmentation remarquable des pourcentages de germination, moins rapide que celle des pourcentages de germination des traitements 0 et 5 g/l de NaCl, pouvant s'étaler jusqu'au vingt quatrième jour selon les espèces. Au delà, les pourcentages de germination se stabilisent. Sous le traitement 15 g/l de NaCl, les pourcentages cumulés de germination suivent une progression très lente, excepté pour *A. halimus* originaire du Maroc et *A. semibaccata* où une progression du pourcentage de germination pouvant être qualifiée de moyenne est observée. Le pourcentage de germination diminue fortement en présence de 15g de NaCl dans le milieu de culture par rapport au témoin pour toutes les espèces étudiées. En effet, en présence de 15 g de NaCl dans le milieu, la germination des graines d'*A. halimus* originaire du Maroc et *A. semibaccata* atteint des taux respectifs de 20 et 17.78% à la fin de l'expérience alors que celle des graines des autres espèces atteint des taux variant de 4 à 8%. En plus, la vitesse de germination diffère significativement entre les espèces. En effet, en absence du sel *A. halimus* d'origine Marocaine atteint 83.33% de germination au troisième jour de culture alors que *A. nummularia*, *A. semibaccata* et *A. undulata* atteint seulement 50% de germination après 6 jours de culture. Pour toutes les espèces étudiées, la germination des graines stressées et non stressés commence le troisième jour de culture. Ainsi, le stress salin ne retarde pas la germination bien qu'il diminue le nombre de graines germées.

4.2. Effet du NaCl sur l'émergence de l'appareil végétatif des *Atriplex*

L'effet de NaCl sur l'émergence de l'appareil végétatif des espèces d'*Atriplex* est évalué par la mesure de trois caractères morphologiques de plantules âgées de 30 jours : longueur, poids frais et poids sec de la plantule (Tableau 2). Les résultats de l'analyse de la variance, à deux facteurs (espèce et [NaCl]), montrent un effet très hautement significatif de l'espèce, de la concentration en NaCl et de leur interaction (espèce x [NaCl]) pour les paramètres : longueur et poids frais des plantules. Cependant, pour le poids sec, il n'y a pas de différences significatives entre les espèces et l'interaction (espèce x [NaCl]). Selon le tableau 2, nous constatons que pour toutes les concentrations utilisées, l'effet de NaCl diffère d'une espèce à l'autre. *A. halimus* originaire du Maroc présente les valeurs les plus élevées pour la longueur de la plantule en présence de n'importe quelle concentration du sel et le poids sec le plus important en présence de 15g/l. De même, *A. nummularia* présente les valeurs les plus élevées pour le poids frais en présence de toutes les concentrations du sel et le poids sec le plus important en présence de 10g/l. Ces deux espèces s'avèrent donc les plus tolérantes à la salinité. Par contre, *A. amnicola* et *A. undulata* montrent généralement les valeurs les plus

faibles en présence du sel pour les trois paramètres étudiés. Ces deux espèces apparaissent les moins tolérantes au stress salin. L'effet de l'augmentation de la concentration de NaCl (15g/l) dans le milieu de culture se traduit par une forte diminution de la longueur et du poids frais des plantules alors que le poids sec reste insensible à cette augmentation (Tableau 2). Néanmoins, les trois paramètres se trouvent stimulés en présence de faible concentration de NaCl (5 et 10g/l).

5. 5. Discussion

La présente étude fournit des informations pouvant aider à déterminer les espèces d'*Atriplex* qui ont une haute tolérance au stress salin. Nos résultats montrent clairement que les graines des espèces d'*Atriplex* germent mieux en absence du sel ou dans un milieu enrichi de NaCl à faible concentration (5g/l). Lorsque la concentration en sel augmente, une diminution des taux de graines germées se produit sous la concentration de 10 g/l de NaCl. Alors qu'une forte dose de sel (15g/l NaCl) produit une forte diminution du nombre de graines germées. Cette inhibition est plus marquée à partir de 10 g/l de NaCl pour les graines d'*A. undulata* et *A. nummularia*, alors que les graines des autres espèces ont connu une inhibition relativement moins importante et un ralentissement de leur germination. Ceci montre bien que la germination des graines en présence du stress salin varie d'une espèce à l'autre. Ungar [8] affirme que la germination des graines des halophytes en milieu salin est variable et spécifique à l'espèce. Benrebiba [12] rapporte que la germination des *A. halimus* et *nummularia* est inhibée dès que la concentration en NaCl dépasse 4 g/l. De même, Souhail et Châabane [13] signalent que la germination des *A. halimus*, *A. canescens* and *A. nummularia* est inhibée à partir d'une concentration de 8g/l de NaCl. D'autre part, Belkhodja et Bidai [14] rapportent que les graines d'*A. halimus* germent mieux en absence ou en présence de NaCl dans le milieu enrichi à faible concentration (100 meq) et dès que la concentration en sel augmente, une réduction des taux de graines germées se produit sous les concentrations intermédiaires (350 meq de NaCl), suivie par une inhibition de la germination pour les graines exposées à haute salinité (600 meq de NaCl). Néanmoins, les espèces d'*Atriplex* étudiées peuvent germer en présence de concentration relativement élevée en sel. *A. halimus* d'origine marocaine montre un niveau de tolérance au sel plus élevé à ce stade de développement que les autres espèces étudiées. Elle montre le pourcentage maximal de germination des graines (95.56 à 20%) pour des concentrations du sel comprises entre 0 et 15 g/l. Hdadou [15], en étudiant l'effet du sel sur la germination de trois espèces d'*Atriplex*, a abouti au même résultat. Cette espèce, spontanée au Maroc, semble plus adaptée aux conditions des zones arides et semi arides que les autres

espèces d'*Atriplex* introduites. Le Houérou [16] a proposé un système de classification des espèces d'*Atriplex* basé sur la tolérance à la salinité et au stress hydrique. Dans ce système l'auteur propose trois classes : les Xérohalophytes hautement tolérantes à la sécheresse ; les Mesohalophytes modérément tolérantes au stress hydrique et les Hygrohalophytes sensibles au stress hydrique. Il semble utile de noter qu'*A. halimus* et *A. nummularia* se trouvant parmi les Mesohalophytes alors que *A. amnicola* appartient aux Hygrohalophytes. La cinétique de germination plus rapide des graines d'*A. halimus* provenant du Maroc, en comparaison de celles des graines des autres espèces, est peut être attribuée au fait que les graines de la première sont plus petites que celles des secondes.

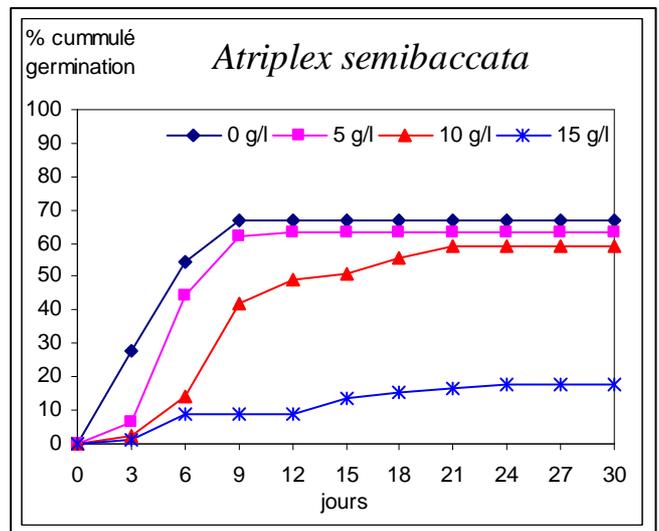
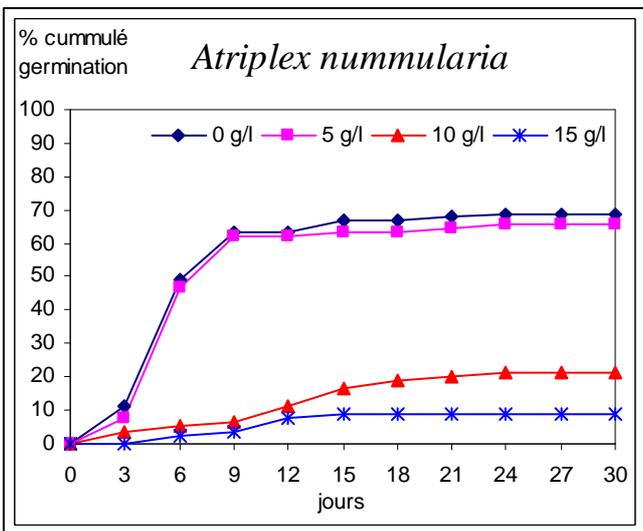
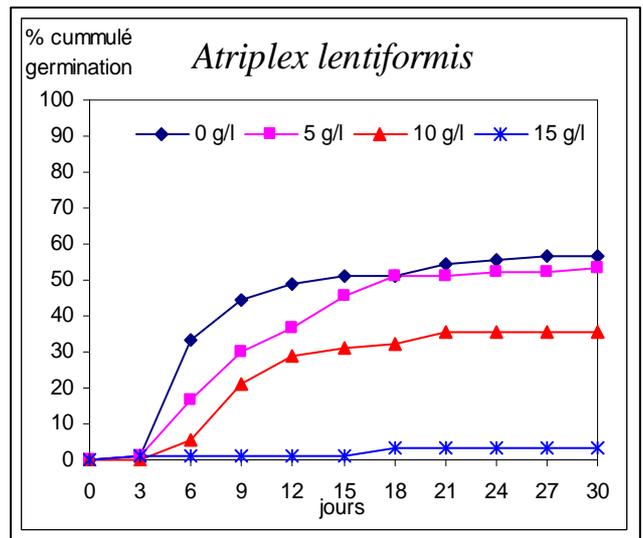
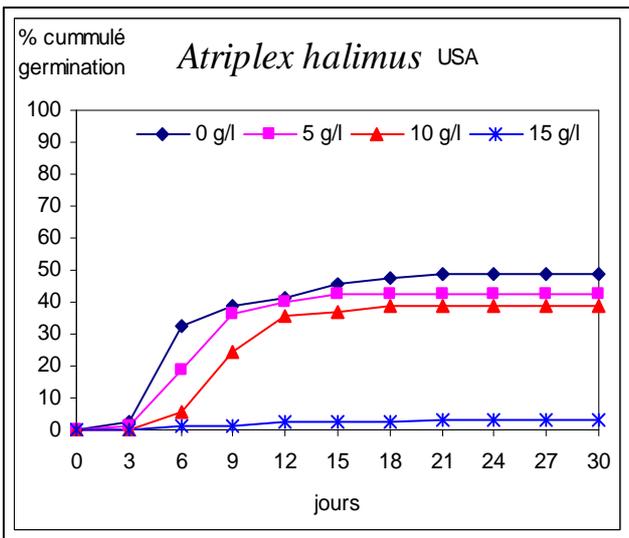
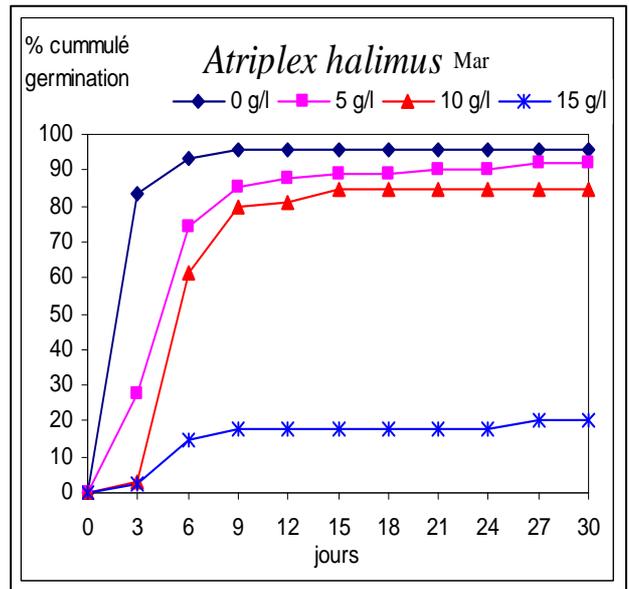
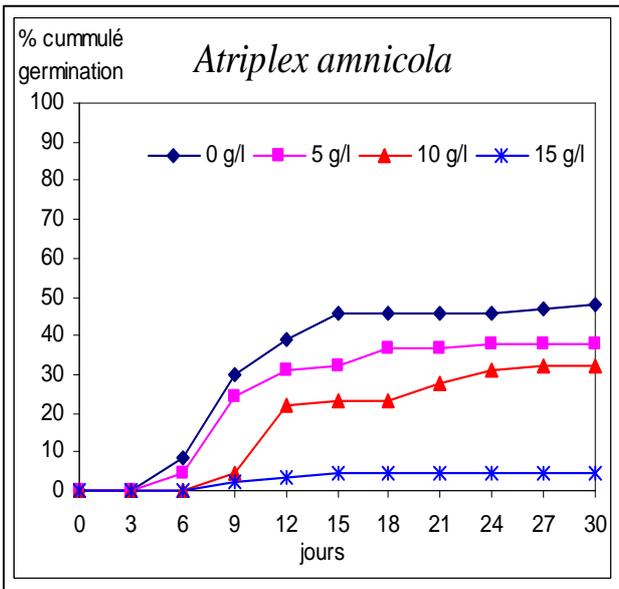
Dans la présente étude, une concentration faible de NaCl (5 g/l) a retardé la germination sans pour autant affecter les pourcentages finaux de germination. Les espèces d'*Atriplex* se sont montrées capables de germer en présence de 15g/l de NaCl. Par contre, la germination est totalement inhibée à 20 g/l de NaCl pour toutes les espèces. Ces résultats confirment ceux des travaux précédents de notre équipe [17] et aussi les résultats trouvés par Ungar [18] et Keifer et Ungar [19]. Des résultats similaires ont été trouvés chez deux provenances Tunisiennes d'*A. halimus* où la germination est totalement inhibée en présence de 20 g/l de NaCl dans le milieu de culture [20]. En effet, en présence de doses élevées en NaCl (20 et 30g/l), la proportion d'osmoticum pénétrant les structures de germination n'est pas suffisante à assurer l'imbibition de graine en conditions de très faible potentiel osmotique du milieu [20].

Pour l'émergence de l'appareil végétatif des jeunes plantules, la présence de 5 ou 10 g de NaCl dans le milieu de culture paraît parfois bénéfique sinon sans effet sur les paramètres mesurés, ce qui pourrait refléter l'expression du caractère halophile des *Atriplex* déjà signalé par d'autres auteurs [19 ; 21 ; 22 ; 23 ; 24]. Cette stimulation de la croissance pourrait s'expliquer par une pénétration plus aisée dans la plante des ions Na⁺ et Cl⁻ qui abaissent le potentiel osmotique interne et favorisent ainsi une entrée plus rapide de l'eau. Ce bon comportement des plantules âgées d'un mois face au stress salin témoigne de

leur bonne tolérance au sel à ce stade de développement, meilleure que durant la germination. Des changements du niveau de résistance à la salinité en cours de développement sont signalés chez plusieurs espèces [25 ; 26 ; 27]. Bourgeais-Chaillou *et al.* [28] parlent d'une évolution adaptative du degré de tolérance au sel pour des espèces qui, entre autres beaucoup d'espèces d'halophytes, germent sous des doses de sel maximales inférieures à celles supportées par les plantes adultes et d'une évolution non adaptative pour des plantes comme le tournesol, le trèfle ou le maïs qui apparaissent plus tolérantes au sel pendant la phase de germination.

Cependant, à une forte dose de sel (15 g/l) une forte réduction de la longueur et du poids frais des plantules se produit. En revanche, le poids sec reste insensible à l'effet de l'augmentation du sel dans le milieu de culture, ce qui corrobore les résultats trouvés par Haddioui et Baaziz [29].

La comparaison de la germination des graines et l'émergence de l'appareil végétatif des espèces d'*Atriplex* en présence de NaCl, montre des différences très hautement significatives entre les espèces étudiées vis-à-vis de la tolérance à la salinité. Ce sont les espèces *A. halimus* d'origine Marocaine et *A. nummularia* qui montrent un niveau de tolérance plus élevée par rapport aux autres espèces. Ceci peut être expliqué par une bonne adaptation de ces deux espèces au stress salin. Par contre, *A. amnicola* et *A. undulata* se sont montrées les plus sensibles et les autres espèces ont un comportement intermédiaire. Ceci montre clairement l'importance d'*A. halimus* d'origine marocaine et *A. nummularia* pour envisager la sélection de génotypes plus résistants à la salinité. L'inclusion d'autres espèces d'*Atriplex* permettra certainement d'élaborer une classification des seuils de tolérance à la salinité pour le choix des espèces à retenir dans les projets d'amélioration des parcours pastoraux et de lutte contre la désertification. Ces expériences doivent être poursuivies par des essais à des stades avancés de la plante pour confirmer les résultats trouvés aux stades germination et plantule.



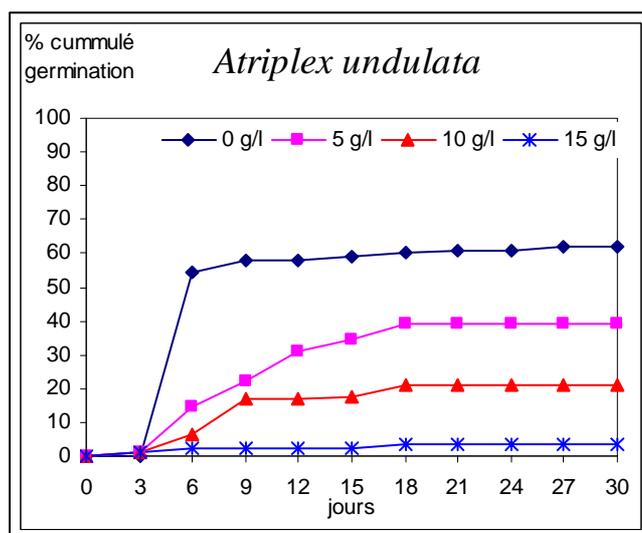


Figure 1. Effet de différentes concentrations de NaCl sur le pourcentage cumulé de germination des graines des espèces d’Atriplex.

Table 1. Résultats de l’analyse de la variance des données relatifs à l’effet du sel sur la germination des espèces d’Atriplex.

Variable	Facteur	* dl	CM	F	P
% germination	Espèce	6	4.37	315.63	0.0001
	[NaCl]	3	15.17	1093.53	0.0001
Longueur plantules	Espèce (A)	6	1684.96	11.87	0.0001
	[NaCl] (B)	3	3225.75	22.73	0.0001
	(A)* (B)	18	650.60	4.58	0.0001
Poids frais	Espèce (A)	6	89.49	8.47	0.0001
	[NaCl] (B)	3	142.70	13.51	0.0001
	(A)* (B)	18	14.01	1.33	0.001
Poids sec	Espèce (A)	6	1.96	0.58	0.74
	[NaCl] (B)	3	85.00	25.30	0.0001
	(A)* (B)	18	2.04	0.61	0.89

* dl : Degré de liberté, CM : Carré moyen, F : F de Fisher, P : Probabilité.

Table 2

Effet de NaCl sur des caractères mesurés chez des plantules des espèces d'*Atriplex* âgées de 30 jours. Moyennes \pm l'Erreur Type.

Caractères	Espèces	0 g/l		5 g/l		10 g/l		15 g/l	
Longueur de plantules (mm)	<i>A. amnicola</i>	19.70 \pm 1.58a		15.37 \pm 0.31a		37.40 \pm 1.90c		3.73 \pm 1.40a	
	<i>A. halimus</i> Mar	34.40 \pm 2.56b		51.50 \pm 2.95d		57.60 \pm 3.79d		27.00 \pm 4.90c	
	<i>A. halimus</i> USA	17.90 \pm 2.00a		42.20 \pm 4.74dc		20.50 \pm 4.40ab		7.93 \pm 1.20ab	
	<i>A. lentiformis</i>	19.40 \pm 3.14a		26.20 \pm 4.10b		28.40 \pm 4.11bc		3.30 \pm 0.29a	
	<i>A. nummularia</i>	26.50 \pm 3.64b		43.00 \pm 4.74dc		18.88 \pm 3.89a		11.40 1.34ab	
	<i>A. semibaccata</i>	17.70	2.85a	32.30	3.16bc	26.70	1.90ab	16.25	1.06b
	<i>A. undulata</i>	26.30	2.53ab	27.80	4.43b	24.50	4.11ab	7.63	1.00ab
Poids frais (mg)	<i>A. amnicola</i>	1.40	0.26a	4.91	0.22b	3.82	0.6ab	1.58	0.25a
	<i>A. halimus</i> Mar	4.13	0.46b	6.06	0.38bc	7.18	0.42c	3.18	0.27a
	<i>A. halimus</i> USA	2.57	0.38ab	6.82	0.54c	4.55	0.59ab	1.40	0.64a
	<i>A. lentiformis</i>	4.49	0.77b	6.59	0.78c	6.10	0.34bc	0.74	0.09a
	<i>A. nummularia</i>	6.70	1.33c	9.67	0.63d	8.95	0.71c	5.32	0.45b
	<i>A. semibaccata</i>	1.44	0.22a	4.93	0.44b	3.32	0.47a	5.70	0.71b
	<i>A. undulata</i>	1.49	0.22a	3.23	0.54a	2.70	0.35a	1.25	0.25ab
Poids sec (mg)	<i>A. amnicola</i>	0.18	0.03a	0.21	0.05a	0.41	0.02ab	0.30	0.12a
	<i>A. halimus</i> Mar	0.31	0.02a	0.51	0.04cde	0.51	0.01b	0.53	0.07b
	<i>A. halimus</i> USA	0.23	0.09a	0.66	0.09de	0.42	0.01ab	0.20	0.05b
	<i>A. lentiformis</i>	0.33	0.03a	0.72	0.06e	0.50	0.02b	0.46	0.02a
	<i>A. nummularia</i>	1.11	0.40b	0.45	0.09bcd	0.70	0.06c	0.50	0.04a
	<i>A. semibaccata</i>	0.25	0.05a	0.28	0.04ab	0.43	0.04ab	0.44	0.07a
	<i>A. undulata</i>	0.29	0.02a	0.36	0.08abc	0.34	0.02a	0.48	0.08a

Remerciements

Nous remercions Dr Tazi M., Directeur du Centre de Production des Semences Pastorales, Khmiss M'Touh-El Jadida-Maroc, de nous avoir fourni les semences des *Atriplex* et Dr Chriyaa A., de l'INRA de Settat-Maroc pour son aide.

6. Références bibliographiques

- [1] Ait Belaid M. Les systèmes d'information pour l'environnement : Développement et formation. *Géo observateur* 5 (1994) 61-9.
- [2] Kinet JM, Benrebiha F, Bouzid S, Lailhac S et Dutuit P. Le réseau *Atriplex*. Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi arides. *Cahiers agricultures* 7 (1998) 505-9.
- [3] Le Houérou HN. Use of fodder trees and shrubs (Trubs) in the arid and semi-arid zones of West Asia and North Africa: History and perspective. In: Gustave G, Bounejmate M, Nefzaoui A (eds) *Fodder Shrub Development in Arid and Semi Arid Zones*, Proc of Regional Workshop on Native and Exotic fodder Shrubs in Arid and Semi-Arid Zones, 27 Oct-2 Nov Hammamet, Tunisia, (1996) pp 9-53.
- [4] Abou El Nasr HM, Kandil HM, El Kerdawy A, Dawlat HSK, El-Shaer HM. Value of processed saltbush and Acacia shrub as sheep fodders under the arid conditions of Egypt. *Small Ruminant Res.* 24 (1996) 15-20.
- [5] Zidane Ouiza D., Belkhouja M., Bissati S., Hadjadj S. Effet du stress salin sur l'accumulation de proline chez deux espèces d'*Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *Eur. J. Sci. Res.* 41(2) (2010) 249-260.
- [6] Le Houérou HN. Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Res. Reh.* 14 (2000) 101-135.
- [7] MAMVA (Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole). Amélioration des parcours par plantation d'arbustes fourragers: Bilan des réalisations (document préparé par le service des études et des inventaires des parcours -Division de la Mise en Valeur Pastoral-Direction de l'élevage, Maroc) 1995.
- [8] Ungar IA. *Ecophysiology of vascular halophytes*. CRC Press, Boca Raton, 1991.
- [9] Khan MA, Rizvi Y. Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Can. J. Bot.* 72 (1994) 475-9.
- [10] Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP. Effect of salinity on germination and early seedling growth of two *Atriplex* species (*Chenopodiaceae*). *Ann. Bot.* (1998) 167-75.

- [11] Mayer AM, Poljakoff-Mayber A. the germination of seeds. Macmillan, New York, NY 1963.
- [12] Benrebaha FZ. Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'Atriplex locales et introduites. Thèse de Magister, Institut national agronomique El Harrach, Algérie, 1987, 119p.
- [13] Souhail M., Chaâbane R. Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some Atriplex species. Am. Eurasian J. Toxicological Sci. 1 (2) (2009) 43-49.
- [14] Belkhouja M., Bidai Y. Réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse 15 (2004) 331-5.
- [15] Hdadou H. Contribution à l'étude des peroxydases de l'Atriplex en relation avec la tolérance de la plante à la salinité Diplôme d'Etudes Supérieures, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc, 1996.
- [16] Le Houérou HN. The role of saltbushes (Atriplex spp) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin. Agroforest. Syst. 18 (1992) 107-48.
- [17] Haddioui A, Baaziz M. Effect of salinity on seed germination and early growth of five natural populations of Atriplex halimus in Morocco. Physiol. Mol. Biol. Plants 12 (2006) 247-51.
- [18] Ungar IA. Seed germination and seed-bank ecology in Halophytes. In: Kigel J, Galili G, (eds) Seed development and germination. New York : Marcel Dekker Inc., 1995.
- [19] Keifer CH, Ungar IA. The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophytes species. Am. J. Bot. 84 (1997) 104-111.
- [20] Debez A, Chaibi W, Bouzid S. Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'Atriplex halimus L. Cahiers Agricultures 10 (2001) 135-8.
- [21] Bajji M, Kinet JM, Lutts S. Osmotic and ionic effect of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of Atriplex halimus (Chenopodiaceae). Can. J. Bot. 80 (2002) 297-304.
- [22] Khan AM, Irwin A, Ungar IA, Showalter AM. Effects of Salinity on Growth, Water Relations and Ion Accumulation of the Subtropical Perennial Halophyte, Atriplex griethii var. stocksii. Ann. Bot. 85 (2000) 225-32.
- [23] Haddioui A, Bouda S., Ould Mohamed Lemine MM, Hammada S, El Hansali M. Effect of salinity on growth of five natural populations of Atriplex halimus L. in Morocco. Journal of Agronomy 7 (2007) 197-201.
- [24] Bajji M, Kinet JM, Lutts S. Salt stress effect on root and leaves of Atriplex halimus L. and their corresponding callus cultures. Plant. Sci. 137 (1998) 131-42.
- [25] Uchiyama Y. salt tolerance of Atriplex nummularia. Tech. Bull. Trop. Agr. Res. Cent. 22 (1987) 1-69.
- [26] Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J. changes in plant response to NaCl during development of rice (Oryza sativa L.) varieties differing in salinity resistance. J. Exp. Bot. 46 (1996) 1843-52.
- [27] Ungar IA. Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of Atriplex patula (Chenopodiaceae). Am. J. Bot. 83 (1996) 604-7.
- [28] Bourgeais-Chaillou P, Pérès-Alfocéa F, Guerrier G. Evolution ontogénique de la tolérance au NaCl chez le soja : comparaison des réponses au sel à deux stades de développement et chez les cals correspondants. Can. J. Bot. 70 (1992) 1346-54.
- [29] Haddioui A, Baaziz M. Effet du traitement salin sur la germination et les premiers stades de croissance d'Atriplex halimus L. et Atriplex nummularia Lindl. African Crop Science Conference Proceedings 4 (1999) 1-10.