EFFET D'UN STRESS SALIN SUR LA RÉPONSE MINÉRALE D'*Atriplex canescens* (PURSH) NUTT

KACI S., BISSATI S. et DJERROUDI O.

Université KASDI MERBAH Ouargla. Laboratoire Bio-ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers (Ouargla 30 000 Algérie).

Résumé: Les Atriplex constituent une réserve fourragère importante et contribuent à la réhabilitation des zones dégradées et des sols salins (intérêt agronomique et écologique) par leur résistance à la sécheresse, à la salinité et à l'ensoleillement [1,2].
Dans le but d'explorer le mécanisme de tolérance de la plante à la salinité, nous avons étudié le le comportement de quelques cations suite à un stress salin, appliqué durant une semaine à l'aide de sels combinés $NaCl+CaCl_2$ (400 et 600 méq), sur de jeunes plants d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. L'aspect nutritionnel a été retenu comme étant un indice probable de tolérance au stress salin.
Les résultats obtenus indiquent que la salinité a provoqué des variations de teneurs de quelques cations. Ainsi, le Na^+ s'accumule davantage dans les racines que dans les feuilles et les tiges, lorsque la concentration en sel du traitement augmente. L'effet du traitement salin est très hautement significatif sur l'accumulation du sodium au niveau des trois organes. Les feuilles des plantes traitées s'enrichissent en K^+ avec l'augmentation de la concentration en sel avec un effet très hautement significatif, L'accumulation du potassium au niveau de la tige et de la racine est non significative par rapport aux témoins. En ce qui concerne la teneur en Ca^{++} au niveau des feuilles, elle s'accroît considérablement avec l'augmentation de la concentration en sel du traitement salin. Au niveau de la tige et de la racine, le calcium s'accumule avec de faibles teneurs, l'effet de traitement est non significatif.

Mots clés: Halophyte, *Atriplex canescens*, Nutrition minérale, Stress salin.

EFFECT OF SALT STRESS ON THE MINERAL RESPONSE OF *Atriplex canescens* (PURSH) NUTT

Abstract : Atriplex plants are an important forage reserves and their importance in the rehabilitation of degraded areas and saline soils (agricultural and ecological interest) its resistance to drought, salinity and sunlight [1,2].
In order to explore the mechanism of salinity tolerance of the plant, proposed by this study to identify the behavior of some cations following a salt stress applied during a week with salt combined $NaCl + CaCl_2$ (400 and 600 meq), was studied in seedlings of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. The nutritional aspect has been identified as a probable indication of tolerance to salt stress.
The obtained results indicate that salinity has caused some changes in concentrations of cations. Na^+ accumulates more in roots than in leaves and stems with increasing salt concentration treatment. The effect of salt treatment is a very highly significant accumulation of sodium in the three organs. The leaves of treated plants are enriched in K^+ with increasing salt concentration with a very highly significant accumulation of potassium in the stem and root is not significant compared with controls. Regarding the Ca^{++} in the leaves, it increases significantly with increasing concentration of salt in the salt treatment, at the stem and root, calcium accumulates with low levels, the treatment effect is not significant.

Keywords : Halophyte, *Atriplex canescens*, Mineral nutrition, Salt stress.

Introduction

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale [3,4], et le rendement agricole [5,6]. Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol [7] et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie [8]. Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée [9]. Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols, varient autour de 20 millions d'has

 Auteur correspondant KACI S. Kaci_safia09 @yahoo.fr

dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'ha de terres agricoles touchées par la salinité, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha, soit 23% des terres cultivées dans le monde [10]. Selon [11], un milliard d'ha est menacé, dont 3,2 millions d'ha en Algérie [12]. La salinité constitue un facteur limitant pour la biodiversité végétale notamment pour les plantes cultivées.

Dans ces sols, les plus importantes perturbations sont enregistrées au niveau de la rhizosphère [13] à cause de fortes accumulations de sels dans les eaux d'irrigation. Ces perturbations proviendraient de l'excès de cations comme le Na^+ [14] créant un déséquilibre ionique, affectant la balance nutritionnelle au niveau du sol et de la plante.

Les plantes répondent à la contrainte saline par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques. En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques [15,16] et biochimiques [17] impliquant une activité enzymatique [18]. Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs [19] ou de régulateurs osmotiques [20]**.** En effet, pour atténuer l'effet de toxicité dans les milieux hautement concentrés, les plantes, aussi bien les halophytes que les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès [21] ou les compartimente dans la vacuole [22]. Cette réaction d'adaptation se traduit par la mise en place d'un ajustement osmotique interne grâce à la présence d'ions, contribuent à une réduction des pertes d'eau et au maintien de la turgescence cellulaire.

Divers critères sont possibles pour évaluer la réponse des plantes à la salinité dont leur statut ionique. [21] notent que le contrôle de l'exportation et de la répartition des ions dans la plante est un critère déterminant de la tolérance au stress salin.

Parmi les ions, le Na^+ et le K^+ jouent un rôle clef dans le processus d'osmorégulation de la cellule et accompagnent les ions organiques dans leur accumulation et leur migration. Le Ca^{++}, en assurent une fonction clef dans le signal de la réponse au stress conduisent à l'adaptation de la plante [23,24].

Dans le but d'explorer l'effet de la salinité sur la réponse d'ordre nutritionnel de la plante, nous nous sommes intéressés à une halophyte: l'*Atriplex*.

Les *Atriplex* constituent une réserve fourragère importante pouvant être utilisés dans la réhabilitation de sites difficiles, et utilisés comme moyen de lutte contre la désertification.

Pour évaluer la variabilité minérale d'*Atriplex* au stress salin, nous proposons une analyse des teneurs en cations Na^+, K^+ et Ca^{++} dans les organes de plantes, stressés au $NaCl+CaCl_2$ à 400 méq/l et 600 méq/l.

1. Matériel et méthodes

Les semences d'*Atriplex canescens*. Provenant de stations naturelles de Djelfa (à 300 Km au sud d'Alger), localisées dans l'étage bioclimatique semi-aride, sont décortiquées, désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 8 % durant quelques minutes et rincées à l'eau distillée. Elles sont semées en alvéoles remplies de terreau jusqu'au stade plantule dans une serre. Ensuite, les plantules sont repiquées dans des pots, à fond tapissé d'une couche de graviers pour assurer le drainage, remplis d'un mélange sable terreau (2V/V). Un arrosage tous les trois jours est opéré à la solution nutritive de HOAGLAND [25] à 30% de la capacité de rétention du substrat. Au 90ème jour, les plantes sont arrosées à 60% de la capacité de rétention et stressées avec deux compositions salines de concentrations différentes:

- ✓ Sels combinés de chlorure de sodium (NaCl) et de chlorure de calcium ($CaCl_2$) à 400 et 600 meq/l de solution nutritive.
- ✓ Les plantes témoins ne reçoivent que la solution nutritive.

Après une semaine de stress, les plantes sont récoltées, les feuilles, tiges et racines sont séparées, enveloppées dans du papier aluminium puis étuvées durant 48 h à 80°C. Les échantillons sont ensuite broyés, puis 500 mg de poudre de chaque échantillon est incinéré à 500°C dans un four à moufle durant 2 heures. Après refroidissement, les cendres sont humectées avec quelques gouttes d'eau distillée puis on ajoute 2 ml d'HCl au ½. On évapore à sec sur plaque chauffante, puis on ajoute une seconde fois 2 ml d'HCl que l'on garde en contact 10 minutes, puis on filtre dans des fioles jaugées de 50 ml. Cette solution se prête aux dosages par spectrophotomètre à flamme pour les trois éléments minéraux retenus à savoir le sodium, le potassium et le calcium.

Analyse statistique : Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur la variabilité minérale, nous avons procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Ficher à α = 5 % sur 15 échantillons (feuilles, tiges et racines) analysés et de chaque traitement à l'aide du logiciel MINITAB.

2. Résultats et discussion

2. 1. Teneur en Na^+ dans les différents organes

La figure 1 indique que chez les plantes d'*Atriplex canescens*, l'accumulation de sodium enregistre des valeurs plus élevées dans les racines que dans les feuilles et dans les tiges.

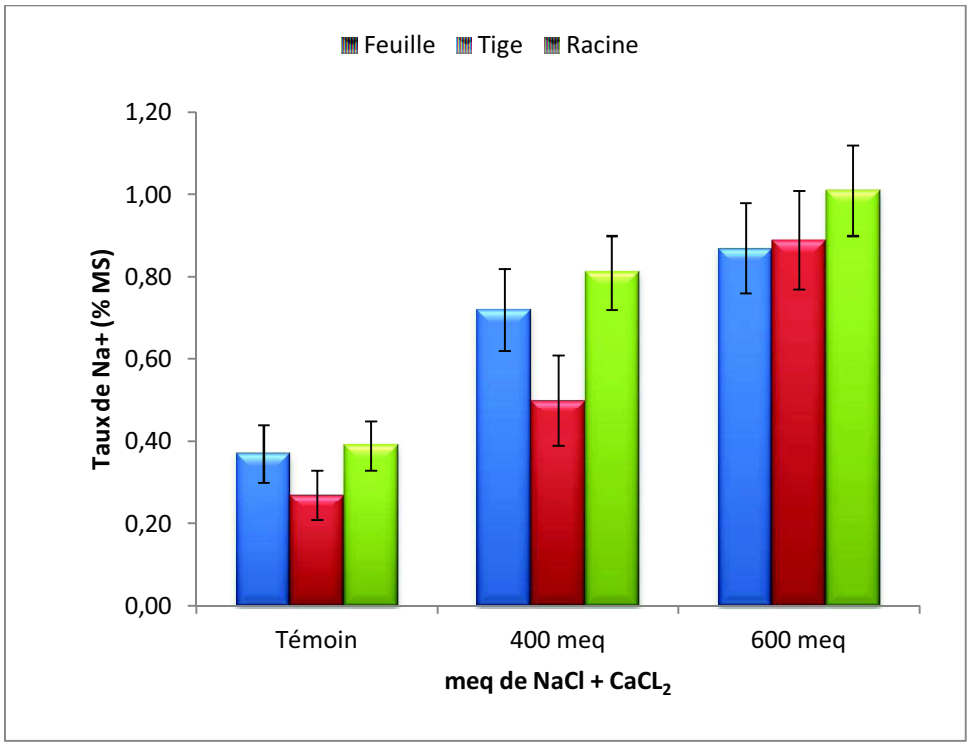

Figure 01 : Effet des sels combinés ($NaCl+CaCl_2$) sur la teneur en Na^+ dans les feuilles, les tiges et les racines des plantes d'*Atriplex canescens*.

Le taux de ce cation au niveau des feuilles passe de 0.37% de MS pour les plantes témoins à 0.72% et 0.87% de MS pour les deux niveaux respectifs de concentration (400 méq et 600 méq de $NaCl+CaCl_2$). L'accumulation de cet élément au niveau des tiges est proportionnelle au niveau de stress. Ce taux enregistre un pourcentage de l'ordre 0.27% de MS pour les plantes arrosées à la solution nutritive, puis 0.50% de MS pour les plantes traitées à 400 méq et 0.89% de MS pour les plantes traitées à 600 méq. Par contre, au niveau des racines, le taux de sodium enregistre les valeurs les plus élevées; il passe de 0.39% de MS chez les plantes témoins, à 0.81% et 1.01% de MS respectivement pour les traitements à 400 et 600 méq de $NaCl+CaCl_2$. (Tableau 1).

Tableau 01: Test statistique de signification de Ficher (à $\alpha = 5\%$) des teneurs en Na^+ des feuilles, tiges et racines des plantes d'*Atriplex canescens* stressées au $NaCl+CaCl_2$.

	Témoin	**400 méq**	**600 méq**	**m±σ**
Feuilles	0.37±0.07	0.72± 0.10 **THS**	0.87± 0.11 **THS**	0.65± 0.26
Tiges	0.27±0.06	0.50± 0.11 **THS**	0.89± 0.12 **THS**	0.55± 0.31
Racines	0.39±0.06	0.81± 0.09 **THS**	1.01± 0.11 **THS**	0.74±0.29
M±σ	0.34±0.06	0.68±0.16	0.92±0.08	

THS : très hautement significatif. **HS** : hautement significatif. **S** : significatif. **NS** : non significatif

2. 2. Teneur en K^+ dans les différents organes

La figure 2 représente les taux de potassium au niveau des organes par rapport à la concentration en sel du milieu de culture.

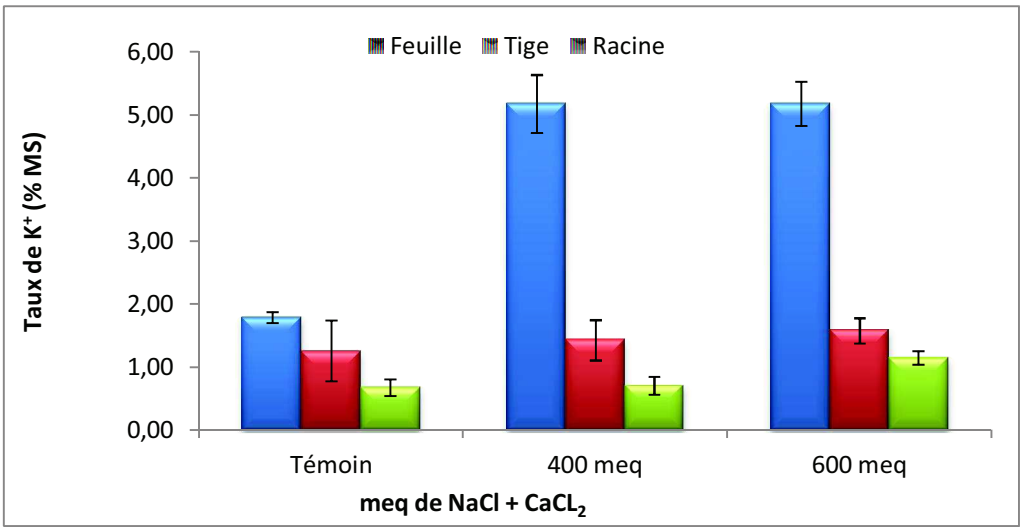

Figure 02: Effet des sels combinés ($NaCl+CaCl_2$) sur la teneur en K^+ dans les feuilles, les tiges et les racines des plantes d'*Atriplex canescens*.

Elle révèle une augmentation considérable au niveau des feuilles traitées par rapport à celles non traitées. Ce taux évolue de 1.79% de MS pour les plantes témoins à 5.18% pour les deux traitements salins à 400 et 600 méq de $NaCl+CaCl_2$.

Chez les tiges et les racines, l'accumulation de K^+ est nettement plus faible. Ainsi, les valeurs enregistrées sont presque équivalentes en comparaison avec les plantes non traitées. Au niveau des tiges des plantes témoins, le potassium présent un taux de 1.26% contre un taux de 1.43% de MS pour les plantes traitées à 400 méq et 1.58% de MS pour celles à 600 méq. Les racines présentent une légère augmentation de taux de potassium pour les plantes en milieu salin à 600 méq, de l'ordre de 0.47% par rapport aux plantes témoins qui enregistrent une teneur de 0.68% de MS contre 0.71% de MS pour les plantes traitées à 400 méq de $NaCl+CaCl_2$. (Tableau 2).

Tableau 02: Test statistique de signification de Ficher (à $\alpha = 5\%$) des teneurs en K^+ des feuilles, tiges et racines des plantes d'*Atriplex canescens* stressées au $NaCl+CaCl_2$.

	Témoin	400 méq	600 méq	m±σ
Feuilles	1.79±0.09	5.18± 0.46 **THS**	5.18± 0.35 **THS**	4.05± 1.96
Tiges	1.26±0.48	1.43± 0.32 **NS**	1.58± 0.20 **NS**	1.42± 0.16
Racines	0.68±0.13	0.71± 0.14 **NS**	1.15± 0.11 **THS**	0.85±0.26
M±σ	1.24±0.56	2.44±2.40	2.64±2.21	

THS : très hautement significatif. **HS** : hautement significatif. **S** : significatif. **NS** : non significatif

2. 3. Teneur en Ca^{++} dans les différents organes

Le taux de ce cation évolue considérablement dans les feuilles des plantes stressées par rapport au témoin (Figure 3). En effet, il passe de 0.69% à 1.03% (400 méq) puis 1.24% de MS (600 méq) de $NaCl+CaCl_2$.

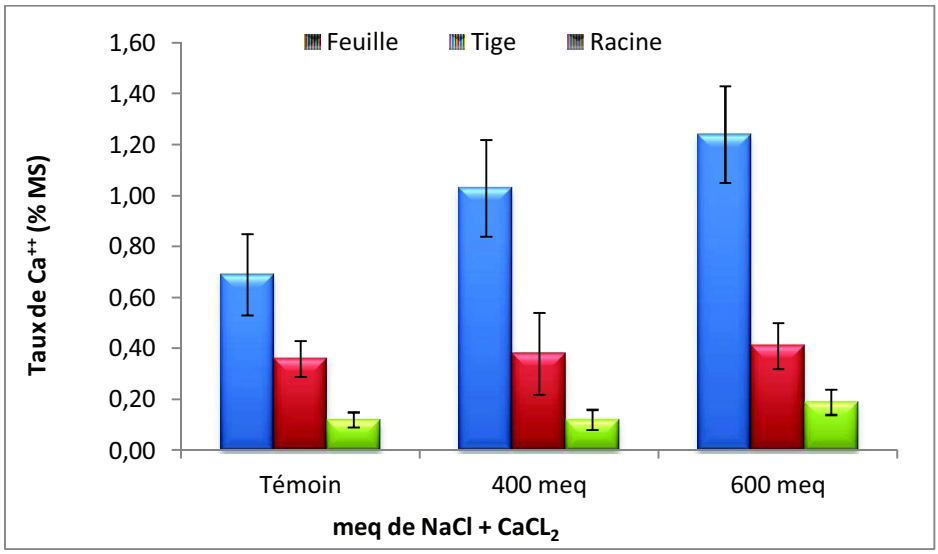

Figure 03: Effet des sels combinés ($NaCl+CaCl_2$) sur la teneur en Ca^{++} (% de MS) dans les feuilles, les tiges et les racines des plantes d'*Atriplex canescens*.

Au niveau des tiges, ce taux semble stable. Les plantes non stressées enregistrent un taux de 0.36% de MS, et pour les traitements 400 méq et 600 méq de $NaCl+CaCl_2$ les taux respectifs sont de 0.38% et 0.41% de MS. Concernant les racines, la teneur en Ca^{++} est identique chez les témoins (0.12% de MS) et les plantes traitées à 400 méq. Ce taux augmente à 0.19% de MS au niveau du traitement à 600 méq. (Tableau 3)

Tableau 03: Test statistique de Signification de Ficher (à α = 5%) des teneurs en Ca^{++} des feuilles, tiges et racines de plantes d'*Atriplex canescens* stressées au $NaCl+CaCl_2$.

	Témoin	400 méq	600 méq	m±σ
Feuilles	0.69±0.16	1.03± 0.19 **HS**	1.24± 0.19 **THS**	0.99± 0.28
Tiges	0.36±0.07	0.38± 0.16 **NS**	0.41± 0.09 **NS**	0.38± 0.03
Racines	0.12±0.03	0.12± 0.04 **NS**	0.19± 0.05 **HS**	0.14±0.04
M±σ	0.39±0.29	0.51±0.47	0.61±0.55	

THS : très hautement significatif. **HS** : hautement significatif. **S** : significatif. **NS** : non significatif

Le développement d'une plante met en jeu plusieurs processus physiologiques dont l'absorption des éléments minéraux. Cette absorption demeure la résultante de deux mécanismes, l'un de la pénétration des ions par les racines [26], l'autre lié au métabolisme de la plante [27]. Des travaux sur l'action de la salinité sur la physiologie des plantes indiquent que le métabolisme est plus ou moins perturbé dans les milieux enrichis en sels [28,29]; les sels sont susceptibles entre autre de modifier le potentiel minéral [30].

L'analyse des éléments minéraux Na^+, K^+ et Ca^{++}, sous l'effet de la salinité suggère une variabilité cationique de la réponse d'*Atriplex canescens* comme étant un bon marqueur physiologique au stress salin. L'une des relations les plus connues entre la réaction des plantes et la salinité, est celle associant le degré de tolérance ou de sensibilité aux sels et la dynamique des ions, exprimée soit par leur absorption, leur transport ou leur accumulation [31]. En présence de sels, les plantes absorbent des quantités importantes de sodium, de potassium, de chlore ou de calcium [32]. Le transport et l'accumulation de ces éléments seraient tributaires non seulement du degré de tolérance des différentes espèces [33] mais de la faculté de chacun des organes de la plante à assurer ces deux fonctions [34].

Le sodium s'accumule au niveau des trois organes d'*Atriplex canescens*, d'une façon croissante avec l'augmentation de la concentration en sel. L'effet du sel sur l'accumulation du sodium est très marqué, car les variations par rapport aux témoins sont très hautement significatives.

Le taux de sodium est nettement supérieur dans les feuilles par rapport aux tiges et aux racines. D'après [35], l'accumulation cellulaire de Na^+ chez le blé augmente avec la concentration de NaCl. [36], rapporte que, chez les espèces du genre *Atriplex*, il y a une translocation préférentielle des ions Na^+ vers la partie aérienne.

Ce mécanisme de transport du sodium vers les feuilles et celui de l'absorption racinaire paraissent être régulé séparément. La difficulté à maintenir le contrôle de la concentration du sodium dans des tissus métaboliquement actifs, comme chez les feuilles par exemple, provoque des perturbations physiologiques et biochimiques [37]. Un gain de tolérance est observé chez les plantes qui expriment une meilleure capacité à remettre en circulation le sodium, ce qui protège les parties aériennes de l'envahissement salin [38].

Les taux de potassium sont les plus élevés parmi les éléments minéraux analysés, dans les différents organes traités et témoins. Ces teneurs varient dans les organes selon le traitement salin appliqué aux plantes. Le potassium se compartimente préférentiellement dans les feuilles à des teneurs significativement élevées, lorsque la salinité du milieu augmente, contrairement aux tiges et aux racines, considérées comme des organes de transition. Le K^+ s'accumule davantage dans la partie foliaire d'*Atriplex canescens* des plantes stressées par rapport aux plantes témoins.

[39] rapportent que la teneur en K^+ dans les feuilles et les tiges d'*Atriplex prostrata* diminue significativement lorsque les plantes sont exposées à un stress salin de NaCl par rapport aux plantes arrosées à la solution nutritives.

Ce phénomène a été expliqué par une interaction compétitive entre le Na^+ et le K^+ et l'inhibition de la rétention du potassium en présence de fortes concentrations en Na^+ [40,41].Cet antagonisme entre les cations K^+ et Na^+ est un des caractères communs aux halophytes.

En ce qui concerne le calcium, le taux de cet élément varie selon l'organe et l'effet du stress au niveau des différents organes. Un effet très hautement significatif du taux de Ca^{++}, est signalé au niveau des feuilles sous un traitement salin de $NaCl+CaCl_2$ à 600 méq. [39] rapportent que, le contenant des feuilles et des tiges des plantes d'*Atriplex prostrata* en Ca^{++} change significativement en réponse à différentes concentrations de NaCl. Une diminution significative de la teneur en Ca^{++} est observée au niveau des tiges des plantes stressées par rapport aux plantes témoin. [36] rapporte que, l'action du stress salin a un effet significatif sur la charge cationique en Ca^{++} dans les différents organes chez les plantes juvéniles (120 jours) d'*Atriplex halimus*.

Un supplément de Ca^{++} corrige dans une certaine mesure l'effet des sels [40]**.** Il est admis que c'est la performance à stoker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces [38]. En effet, le mécanisme d'absorption des cations comme les ions K^+ et Ca^{++}, est perturbé par la présence du Na^+ [42].

L'association des ions Na^+ et Ca^{++} avec Cl^- dans le milieu sous forme de chlorures diversifie les modalités de migration et les capacités d'accumulation ionique dans les organes des plantes [43]. Le Ca^{++} assure un transport sélectif des cations comme le K^+ [44] vers les feuilles [45] et augmente la résistance à la salinité en maintenant.

Conclusion

Au vu des résultats obtenus, nous pouvons constater que: ***Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.** Est une espèce tolérante aux fortes intensités salines, peut être exploitée dans la valorisation des sols fortement salés (sebkhas, chotts). La réhabilitation des sites dégradés par la forte accumulation de sels, par l'introduction d'*Atriplex canescens* qui, grâce à son aptitude à tolérer les fortes intensités de sel, joue un rôle important dans la mise en valeur de ces sites, ainsi que la possibilité de leur utilisation comme fourrage ou bois de chauffage après chaque coupe.

Références bibliographiques

[1] Mozafar A., Goodin J R. : Vesiculated hairs : a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. Plant. Physiol; 1970; 45: 62-65.

[2] Belkhodja M., Bidai Y.: Réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse; 2004; 4 (15) : 331-334.

[3] Al-Karaki G N.: Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition; 2000; 23 (1): 1- 8.

[4] Baatour O., M'rah S., Ben Brahim N., Boulesnem F., Lachaal M. : Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. Revue des Régions Arides; 2004; 1: 346- 358.

[5] Zid E., Grignon C.: Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris; 1991 : 91- 108.

[6] ZHU J.K. : Plant salt tolerance. Trends in plant Sci; 2001; 6 : 66-71.

[7] Munns R., James R A., Lauchli R. : Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany ; 2006; 57 (5): 1025-1043.

[8] Mezni M., Albouchi A., Bizid E., Hamza M. : Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .Agronomie; 2002; 22: 283-291.

[9] Ben Naceur M., Rahmone C., SDIRI H., Meddahi M.L., Selmi M. : Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sécheresse; 2001; 3 : 167-174.

[10] Cheverry C. : Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'ACAD d'ARGRIC De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle; 1995 ; 81 (2) : 42-46.

[11] Szabolcs I : Soils and salinization. In : Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York ; 1994 :3-11.

[12] Belkhodja M., Bidai Y.: Réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse; 2004; 4 (15) : 331-334.

[13] Binzel M.L., Reuveni M. : cellular mechanisms of salt tolerance in plant cells. Hort, Rev; 1994; 16 : 33-69.

[14] Wahid A. : Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarance. Bot, Bull, Acad, Sin; 2004; 45 : 133-141.

[15] Kylin A., Quatrano R S : Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance. In : Poljakoff-mayber and J. Gale, Eds. Palnts in saline environments. Springer-verlag, New York; 1975; 147-167.

[16] Parida AK., Das AB. : Salt tolerance and salinity effects on plants : a review. Ecotoxicol. Environ. Saf; 2005; 60 : 324-349.

[17] Brugnoli E., Lauteri M. : Effects of salinity on stomatal conductance, phytosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium birsutum* L) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L) C3 non halophytes. Plant physiol; 1991; 95 : 628-635.

[18] Chaffei C., Pageau K., Suzuki A., Gouia H., Ghorbel MH., Masclaux-Daubresse C. : Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. Plant Cell Physiol; 2004; 45 :1681–1693.

[19] Rathinasabapathi B., Sigua C., Ho J., Gage DA. : Osmoprotectant β-alanine betaine synthesis in the

Plumbaginaceae : S-adenosyl-L-methionine dependent N-methylation of b-alanine to its betaine is via N-methyl and N,N-diemethyl b-alanines. Physiologia Plantarum; 2000; 09 : 225-231.

[20] EL-Shintinawy F., Hassanein RA. : Changenes in growth, protein patterns and DNA fingerprints of NaCl stressed treated with arginine, putrescine or phenylenediamine. Egyptian J. Biotechnol ; 2001 ; 10: 405-415.

[21] Alem C., Amri A. : Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Reviews in Biology and Biotechnology, Vol. 4, No. 1 : 20-31.

[22] Niu X., Rsessan R A., Hasegawa P M., Pardo J M. : Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiology; 2005; 109 (3) : 735- 742.

[23] Moinuddin A., Fischer RA., Sayre K.D., Reynolds M.P. : Osmotic ajustement in wheat in relation to grain yield under deficit environments. Agro.J; 2005; 97 : 1062-1071.

[24] Fernandez-Blaster G., Cerda A., Martinez V.: Role of calcium in short-term responses of bean to osmotic or saline shocks. J. of plant physiology; 1997; 151 : 741-747.

[25] Hoagland D.R., Arnon D.I. : The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta. Cir ; 1938 ; 347: 1- 39.

[26] Hamza M. : Action de différents apports de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses (*Phasolus vulgaris*) sensible et (*Hedysarum curnosum*) tolérante, relation hydrique et ionique. Thèse de doctorat. Univ Paris VII.

[27] Lazof D., Cheesman JM. : Sodium and Potassium compartimantation and transport in the roots of intact lettuce plants. Plant Physiol; 1988; 88 : 1279-1284.

[28] Youcef A R., Strent T J. : Effects of NaCl on growth nitrogen incorporation and chemical composition of inoculated an NH_4NO_3 fertilized Vicia faba L. plant. J. EXP.Bot; 1983; 34; (145) : 941-950.

[29] Hoffmann R., Tufariello J., Bison AM. : Effect of divalent cations Na^+ on permeability of *Chara coralline* and fresh water grow Chara buckelli. J. of Exp. Bot; 1989; 40 (217) : 875-881.

[30] Cheesman J. : Mechanism of salinity tolerance in plants. Plant Physiol ; 1988 ; 87: 547-550.

[31] Hadji M., Grignon C.: Identification des transports de K^+ [Rb^+] affectés par NaCl dans la racine de Laurier rose. Physi. Végé; 1985; 23 : 3-12.

[32] Shennan C., Hunt R., Macrobbie E A A. : Salt tolerance in Aster tripolium L. I. The effect of salinity on growth. Plant Cell Environ ; 1987 ;10: 59-65.

[33] Riyad AF.: Etude et sélection de jeunes plants d'Eucalyptus tolérants au sel dans des populations de divers niveaux de variabilité. Thèse de Doct. Univ., Nancy I ; 1987 ; 246 P.

[34] Brun A. : Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie. Thèse doct. 3ème cycle Montpellier.

[35] Bouaouina S., Zid E. Hadji M. : Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence

chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). CIHEAM, Options Méditerranéennes; 200; A (40) : 239-243.

[36] Reimann C. : Sodium exclusion by chenopodium species. J. Exp. Bot; 1993; 43 : 503-510.

[37] Bourrsier P., Lauchli A. : Mechanism of chloride partitioning in the 58egeta of it stressed sorghum bicolor L plant physiol; 1989; 7 : 537-544.

[38] Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F. : Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures; 1995; 4 (4) : 263-273.

[39] Wang L M., Showalter A M., Ungar I A. : Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex 58egetal5858* (Chenopodiaceae).

[40] Jeschke W D. : K^+, Na^+ exchange at cellular membranes, intracellular compartimentation of cations, and salt tolerance. Salinity tolerance in plants, Strategies for crop improvement (ed. R. C. Staples) Wiley, New York; 1984 : 37- 66.

[41] Rengel Z. : Disturbance of cell Ca^{2+} homeostasis as a primary trigger of Al toxicity syndrome Plant Cell et Env; 1992; 15 : 931-938.

[42] Botella M A., Marinez V., Pardines J., Cerda A. : Salinity induced potassium deficiency in maize plants. J. Plant Physiol; 1997; 150 : 200-205.

[43] Belkhodja M.: Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minérale et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.).Thèse de Doctorat en Es-science naturelle ; 1996 ; 255 P.

[44] Läuchli A., Stelter W : Salt tolerance of cotton genotypes in relation to K/Na selectivity. Plenum press New-York; 1982; 511-514.

[45] Lynch J., Cramer GR., Lauchli A. : Salinity reduces membranes accumulated Ca^{++} in corn root protoplasts. Pl. Phy; 1987; 83 : 390-394.