

IMPACT DU POTENTIEL HYDROGENE (pH) D'UN ENVIRONNEMENT SALIN DANS LA NUTRITION DE DEUX GLYCOPHYTES CULTIVEES

S.A .SNOUSSI
Laboratoire de
recherche en
Biotechnologie des
Productions végétales
Université Blida 1–
Algérie
sisnousiah@yahoo.fr

N. BAAZIZE . Master
Laboratoire de
recherche en
Biotechnologie des
Productions végétales
Université Blida 1–
Algérie

Y. HAMIDI . Master
Laboratoire de
recherche en
Biotechnologie des
Productions végétales
Université Blida 1–
Algérie

Résumé

La réduction de la partie aérienne est la première réponse à l'effet destructeur le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité. Une des questions intéressantes de la nutrition des plantes en milieu salin naturel puis corrigé partiellement, aujourd'hui, est la recherche de l'effet du pH dans l'absorption des sels dissous dans les eaux salines.

L'expérience menée dans notre travail comme but de connaître l'influence du pH d'un milieu salin sur la nutrition de deux glycophytes cultivées : la tomate et le haricot.

Les résultats expérimentaux illustrent les effets de l'eau saline naturelle, de la correction de pH seul puis de la correction complète de l'eau saline naturelle sur la tomate Marmande (espèce moyennement sensible) et le haricot, variété Djadida (espèce sensible à la salinité) : l'influence de la correction de pH seul et de la correction complète est significative sur la majorité des paramètres analysés. La correction partielle (pH uniquement) et totale de l'eau saline naturelle a affecté différemment les plantes étudiées. Les accroissements obtenus chez la tomate et le haricot respectivement dans le milieu salin partiellement corrigé (pH uniquement) montrent que la vitesse de croissance manifeste un accroissement de (11,57% et 80,64%), la hauteur finale (11,55% et 78,54%), le nombre de feuilles (17,83% et 106,90%), la biomasse fraîche produite (160,93% et 450,16%) ainsi que le nombre de fruits et de gousses (114,50% et 314,69%). L'addition d'éléments nutritifs majeurs et mineurs à l'eau saline naturelle a conduit également à un accroissement très hautement significatif des paramètres mesurés au niveau des deux espèces testées et plus particulièrement au niveau du nombre de fruits et de gousses (218,07% et 1243,71%)

Mot clés : salinité- zones arides et semi-arides – potentiel hydrogène (pH)-tomate- Haricot

INTRODUCTION

Les rares précipitations, l'évaporation élevée de la température en zone aride, l'irrigation par les eaux salines, et l'absence de drainage sont des facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante en zone aride. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème une fois que les

superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité médiocre de l'eau d'irrigation [1].

Dans beaucoup de régions du bassin méditerranéen, notamment (Turquie, Syrie, Liban, Jordanie, Egypte, Algérie, Tunisie et Maroc) [2].

Les sols et les eaux présentent des niveaux de salinité de plus en plus élevés. Très souvent, cette situation résulte de la pratique d'une irrigation intensive, associée à une surestimation des besoins en eau des plantes cultivées et à l'absence d'un réseau de drainage [3].

La présence des sels solubles dans le sol et dans les eaux d'irrigation affecte à partir d'une certaine concentration, les mécanismes physiologiques de la plante et constitue un facteur limitant de la productivité végétale et de la qualité des fruits [4] ; [5].

Le [potentiel hydrogène d'un milieu nutritif](#) a un impact important sur le comportement et l'aspect sanitaire des [plantes](#) car un pH convenable peut rendre les nutriments disponibles à la [plante](#), ce qui se traduit par une croissance convenable et une biomasse importante en quantité et en qualité.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal testé :

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département d'agronomie de Blida, dans une serre en polycarbonate selon un dispositif expérimental composé de trois traitements dont un salin naturel à pH 7,52, un salin naturel à pH= 5,5 à 5,8, un salin naturel corrigé disposés selon un dispositif expérimental en randomisation totale.

Les espèces testées durant notre l'expérimentation sont la tomate (*Solanum lycopersicum*), variété Marmande (moyennement sensible à la salinité) et le haricot (*Phaseolus vulgaris*) variété Djadida (espèce sensible à la salinité). Dès l'apparition des vraies feuilles, nous avons procédé à l'application des différents traitements.

2. Substrat et conteneurs:

Le substrat utilisé dans notre

expérimentation est du gravier roulé d'oued 3 à 8 mm de diamètre préalablement lavé et désinfecté. Les conteneurs utilisés dans notre expérimentation sont des pots en plastique, ayant une capacité de 3,5l et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.

3. Composition des différents traitements : meq/l

Les sulfates, les chlorures, le sodium, le calcium et le magnésium sont les ions prédominants dans les eaux salines naturelles (T1 et T2). La concentration du potassium est variable d'un site à l'autre. Elle oscille entre (0,35 et 4,35 cmol^l) ; celle des phosphates, elle est maximale au niveau du T2 et T3 tandis que celle de l'azote quelle que soit la forme est aussi faible dans les eaux salines naturelles T1 et T2 (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition des milieux nutritifs testés en meq/l

Références eaux	pH	Concentration g/l	NO3-	NH4+	PO43-	Cl-	S04--	Na+	Ca++	Mg++	K+
T1 Eau saline naturelle	7,52	2,36	0,35	0	0	14,86	9,35	9,90	9,25	9,20	0,35
T2 Eau saline naturelle	5,50	2,60	2,2	0	3,30	14,86	9,35	9,90	9,25	9,20	0,35
T3 Solution saline corrigée	5,70	3,27	10,20	1,80	3,30	14,45	9,40	9,90	9,25	9,20	4,35

Seul le traitement T3 représentant l'eau saline corrigée perçoit du fer et des oligo-éléments. Le fer est apporté à raison de 5 ml l⁻¹ de solution prête à l'utilisation, de concentration 2 g.l⁻¹ sous forme de séquestrène de fer 138 Fe. Les oligo-éléments sont apportés à raison de 0,1 ml.l⁻¹ d'une solution concentrée. Il s'agit de :

(NH₄)₆ MO₇ O₂₄ 4H₂O. (0,5 g.l⁻¹) + H₃BO₃ (15 g.l⁻¹) + MnSO₄. 4H₂O (20

g.l⁻¹) + CuSO₄. 5H₂O (2,5 g.l⁻¹) + Zn SO₄. 7H₂O. (10 g.l⁻¹).

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Vitesse de croissance des plantes cm/j :

Selon la figure 1 relative à la vitesse de croissance des deux espèces étudiées, l'effet de la salinité et de la correction du milieu salin exercent une action significative sur

le paramètre mesuré pour les deux espèces étudiées. Les plants de tomate et de haricot issus du témoin (T3) ont une vitesse de croissance plus élevée que dans les autres traitements, ceci en raison de la présence des éléments nutritifs favorables à la croissance des plantes notamment l'azote, le phosphore et le potassium et les oligo-éléments.

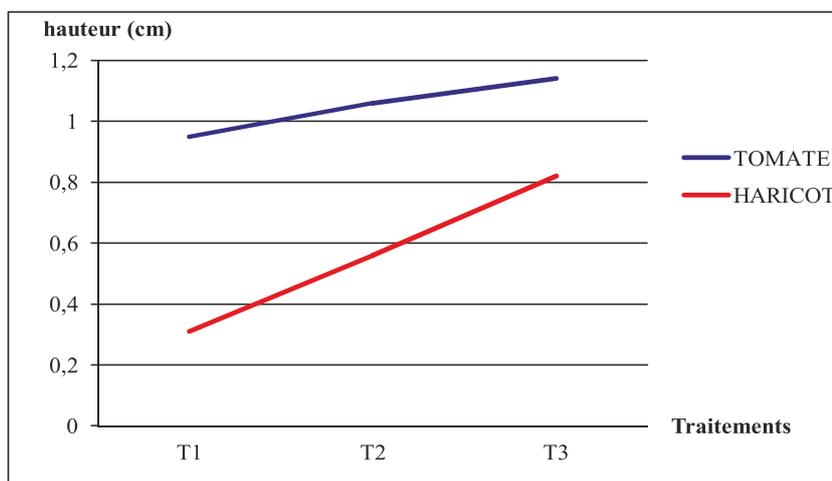


Figure N°01 : Vitesse de croissance (cm/jour)

La correction de pH du milieu T2 semble accroître le paramètre mesuré et ce par l'absorption des éléments présents dans le milieu. A l'inverse les plantes issues du traitement salin naturel (T1) présentent une vitesse de croissance ralentit par rapport à celles observées des deux autres traitements, Ceci peut être expliqué par le déséquilibre ionique du milieu nutritif, et des carences en éléments fertilisants (macro et micro éléments) indispensables à la croissance et au développement des plantes des deux espèces testées. La concentration en ions minéraux ainsi que le pH de la solution ont une influence sur la vitesse d'absorption de ces ions et en conséquence sur la vitesse de

croissance [6].

Des observations analogues ont été faites dans les travaux de [7] où ils ont indiqué que la croissance du tournesol (*Helianthus annuus* L) engendre une réduction graduelle de la longueur avec l'augmentation de la conductivité électrique de la solution d'arrosage. Dans la mesure où elle affecte la turgescence cellulaire, cette contrainte causée par la salinité se répercute négativement sur la croissance des plantes [8].

2. Hauteur finale des plantes [cm]:

La taille finale des plantes est significativement diminuée, pour le

traitement eau salin naturelle T₁, quelque soit l'espèce étudiée. Le déséquilibre ionique entre les éléments du milieu alimentaire des plantes mais plus sûrement sa déficience en éléments majeurs utiles et en oligo-éléments peut expliquer ce résultat (Figure 2).

Cette réduction de taille est due à la présence d'une grande quantité de sel dans le milieu alimentaire provoquant ainsi une réduction de la division et l'allongement cellulaire, et par conséquent une réduction de la croissance des plantes [9].

Les travaux de [10] ont montré que la salinité affecte l'allongement de la tige et la production de matière sèche des organes végétatifs.

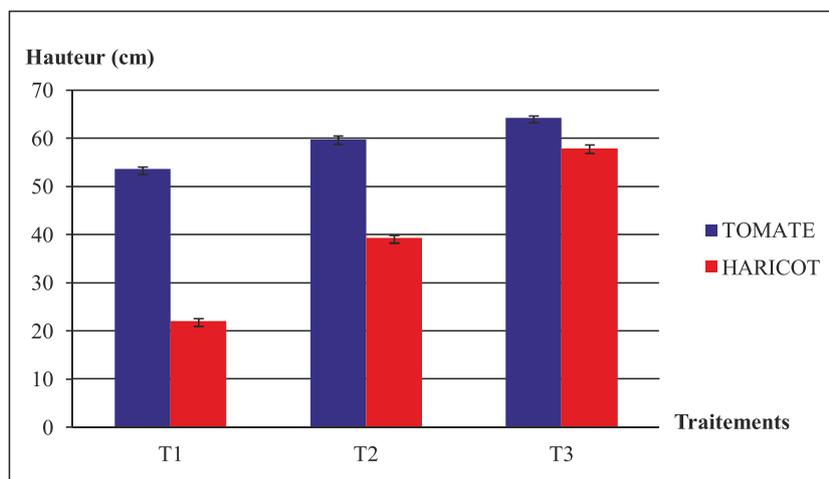


Figure N°02 : Hauteur finale des plantes (cm)

Aussi, les carences en éléments minéraux au niveau du traitement T1 provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles des fonctions de la plante, entraînant ainsi d'une part un ralentissement et un retard de croissance se traduisant inévitablement par des symptômes de nanisme et de rabougrissement des plantes de l'autre part, Par contre les plantes alimentées par le traitement salin corrigé T3 présentent la hauteur la plus élevée, et ce en raison de l'équilibre ionique parfait de la solution du milieu. La comparaison de ces trois séries

de solution permet de déduire que les traitements eaux salines modifiée T2 et corrigée T3 provoquent des accroissements de hauteur finale par plante les plus faibles chez la tomate (11,55% et 19,97%) comparativement au haricot (78,54% et 163,27%) respectivement et ce par rapport à la solution saline naturelle T1.

3 Nombre de feuilles :

Le nombre de feuilles par plante est significativement diminué au niveau du traitement eau saline naturelle T1. L'absence des éléments indispensables à la croissance et au développement des plantes peut expliquer ce résultat. Aussi, la faible activité photosynthétique au

niveau de ce traitement induit un nombre réduit de feuilles déformées, portant de petites taches sur les bords. Ces dernières se nécrosent rapidement amenant une dessiccation prématurée. En effet, c'est au niveau des plants alimentés par le traitement T1 (eau saline naturelle) que le paramètre mesuré est le plus faible et ce quelle que soit l'espèce étudiée. Ceci est en relation avec les concentrations élevées en sodium (9,90 meq l⁻¹, en chlore (14,86 meq l⁻¹ et en calcium 9,25 meq l⁻¹) ce qui modifie les rapports entre les cations ou les anions : Na/K, Na/Ca et Cl/NO₃ affectant ainsi le nombre de feuilles par plante. (Figure 3).

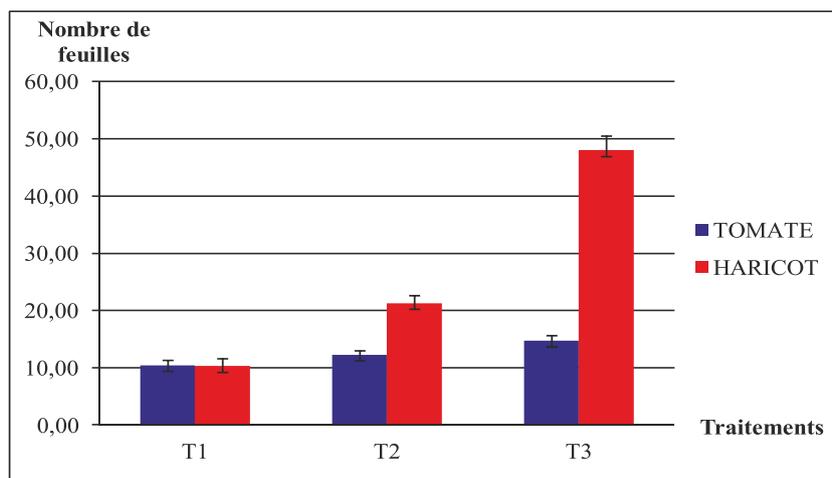


Figure N°03 : Nombre de feuilles

Ce nombre réduit des feuilles confirme les résultats trouvés par [11], [12], et [6] où l'émission d'un nombre réduit de feuilles est l'une des réponses des plantes sensibles en milieu salin naturel.

La comparaison de ces trois séries de solution permet de déduire que les traitements eaux salines

modifiée T2 et corrigée T3 provoquent des accroissements du nombre de feuilles par plante les plus faibles chez la tomate (17,83%, et 41,04%), comparativement au haricot (106,90% et 366,47%) respectivement et ce par rapport à la solution saline naturelle T1.

4. Biomasse fraîche totale produite (feuille + tige) g :

L'effet de salinité manifeste un effet significatif sur la biomasse fraîche totale (Feuilles + tiges) (figure 4).

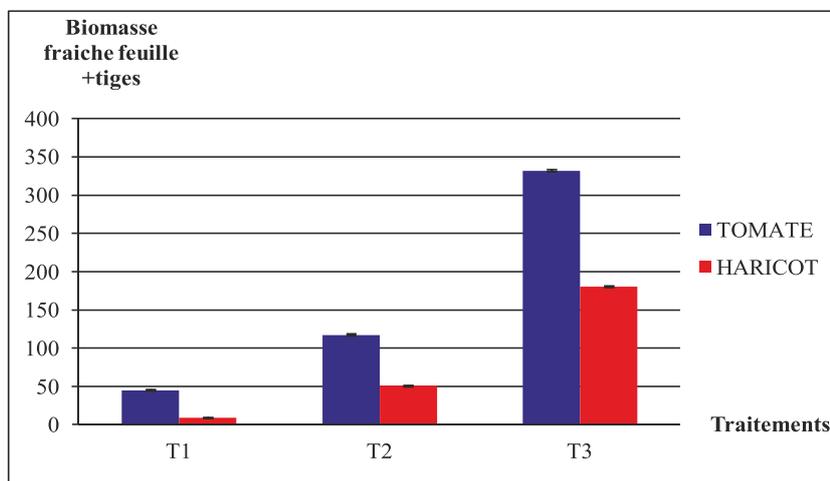


Figure N°04 : Biomasse fraîche totale produite (feuilles + tiges)

Selon les trois séries de traitements testés, on remarque que l'eau saline corrigée T3 présente des accroissements de poids de matière fraîche (feuilles+ tiges) les plus élevés chez la tomate que chez le haricot, ceci peut toujours être expliqué par l'équilibre parfait entre les éléments minéraux et un pH favorable du milieu alimentaire à leur absorption. A l'inverse le déséquilibre ionique du milieu T1 ainsi que son pH alcalin 7,52 entraînent une perturbation dans la nutrition minérale des plantes notamment au niveau des éléments calcium et magnésium ce qui empêchant donc la formation de la chlorophylle et par conséquent l'arrêt de la photosynthèse. Les jeunes organes des plantes poussant dans l'eau saline naturelle T1 se nécrosent et les feuilles terminales se fanent aboutissant à une diminution du poids de matière fraîche et sèche des organes des plantes. Des résultats similaires ont été trouvés dans les travaux de [13] où il a été montré que la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

La comparaison des trois séries de solution permet de déduire que les traitements eau saline modifiée T2 et corrigée T3 provoquent des accroissements de biomasse (feuilles+tiges) par plante les plus faibles chez la tomate (160,93%, et 638,10%) comparativement au haricot (450,16% et 1846,34%) respectivement et ce par rapport à la solution saline naturelle T1.

Le haricot est considéré comme une espèce sensible à la salinité liée à une forte concentration en sels totaux, alors que la tomate représente une espèce moyennement sensible. Il apparaît selon les résultats observés une différence importante de réaction selon l'origine de la salinité. Autrement dit, les résultats illustrent que le haricot est plus sensible à la présence de sels dans l'eau saline naturelle T1 que la tomate.

La correction du pH de la solution saline naturelle révèle une augmentation très importante dans la production de la biomasse fraîche totale, ce qui montre l'effet du pH sur l'alimentation correcte en éléments minéraux.

5. Quantité de proline dans les feuilles ug/gMF:

Il a été constaté que les plantes irriguées par l'eau saline corrigée T3 poussaient mieux que les plantes arrosées par les mêmes traitements salins naturels T1 et T2. Ces plantes issues du traitement salin corrigé produisaient plus de proline. En effet, la correction de l'eau saline naturelle T3 améliore l'absorption hydrominérale des plantes ce qui montre bien que le milieu nutritif n'est plus toxique et ne constitue plus un obstacle pour la plante. Les plantes n'ont pas ou peu de carences minérales, et ne présentent pas de sécheresse physiologique.

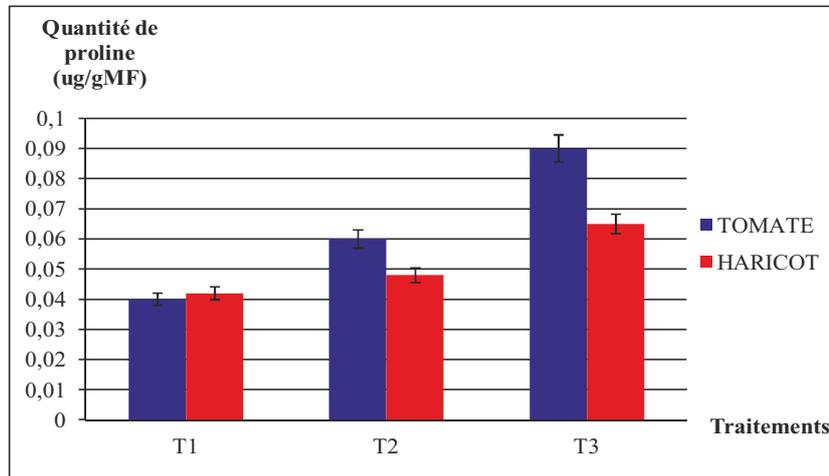


Figure N°05 : Quantité de proline dans les feuilles (ug/gMF)

Cependant le traitement salin corrigé T3 présente une concentration en osmolytes plus forte que dans les deux autres traitements salins naturels T1 et T2. L'osmolarité externe est donc plus forte, ce qui nécessite un ajustement de l'osmolarité interne encore plus forte (pour ne pas se déshydrater car l'eau va du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré) ce qui se traduit par une production accrue de proline.

Le stress osmotique perçu par les plantes des traitements (T1 et T2) induit une réponse de défense qui est une production de proline pour ajuster l'osmolarité interne mais qui reste inférieure à celle produite par les plantes alimentées par l'eau saline corrigée.

A ce propos [14], indiquent que l'effet dépressif de la salinité sur la croissance est accompagné de modifications biochimiques et ultra structurales et ce par la production de proline et de sucres solubles qui s'accumulent dans les feuilles sous l'effet du sel.

Des résultats similaires ont été

trouvés par [15] où ils ont montré que, l'augmentation de la teneur en proline dans les feuilles est en fonction de l'augmentation de la salinité.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette expérimentation a été initialement conduite pour obtenir des informations sur la physiologie de deux glycophytes cultivées et l'importance du pH d'un milieu salin plus qu'atteindre un objectif pratique. Les apports des trois types d'eaux salines ont été effectués sur les plantes pour évaluer leur croissance et leur développement. Les résultats expérimentaux illustrent les effets de la salinité naturelle, de sa transformation en solution nutritive et enfin de la modification de son potentiel hydrogène sur la tomate marmande (espèce moyennement sensible) et le haricot, variété Djadida (espèce sensible à la salinité) : l'influence de la correction est significative sur la majorité des paramètres analysés. Les diminutions des paramètres de croissance et de production sont en

relation directe avec la concentration des sels dans l'eau saline naturelle T1. En effet, les plantes de tomate et de haricot irriguées par le traitement T2 (eau saline naturelle à pH modifié) et T3 (eau saline naturelle transformée en solution nutritive) présentent des paramètres de croissance et de production mesurés plus élevés que les paramètres relatifs aux plantes irriguées par l'eau saline naturelle T1, milieu nutritive à pH alcalin et déséquilibre ionique.

La faible concentration du potassium (0,35 meq/l) et la présence d'un pH basique (7,52) au niveau des traitements T1 peut inhiber l'absorption normale du Mg, élément indispensable à la photosynthèse, la fécondation, la fructification et le développement des graines. La modification du pH au niveau du traitement T2 et la transformation de l'eau saline naturelle en solution nutritive améliorent de façon remarquable le développement physiologique précité pour chacune des espèces étudiées.

L'addition d'éléments nutritifs majeurs et mineurs à l'eau saline naturelle T3 a conduit à un accroissement significatif de la croissance des plantes.

Selon les plantes étudiées, la correction de l'eau saline naturelle T3 affecte différemment la vitesse de croissance. Les résultats font apparaître de nettes différences pour la tolérance à la salinité entre les deux espèces. En effet le haricot (cultivar Djadida) présente un indice de sensibilité à la salinité supérieur à celui de la tomate ayant une vitesse de croissance significativement plus importante que celle observée sur le haricot.

Les principaux résultats relatifs à la hauteur finale et le nombre de feuilles mettent en évidence l'effet de la correction de l'eau saline naturelle T3 et de la modification du pH du milieu salin naturel T2 sur la tomate et le haricot : l'influence de la transformation en solution nutritive et de la correction du pH sont significatives pour tous les paramètres mesurés. Ces transformations opérées dans ces milieux nutritifs T2 et T3 modifient le schéma morphogénétique des plantes puisque le nombre de feuilles issues des plantes cultivées avec l'eau saline corrigée T3 et eau

saline à pH modifié T2 sont statistiquement différents de celui des plantes alimentées par l'eau saline naturelle T1.

La correction de l'eau saline naturelle et la modification du pH du milieu a conduit à une utilisation supérieure de la fert-irrigation par rapport aux plantes traitées avec l'eau saline naturelle. La salinité du milieu naturelle entraîne un dessèchement précoce et agit sur la croissance en diminuant la biomasse totale en faisant tomber les feuilles qui atteignent le seuil d'accumulation toxique de Na^+ [16]. Cette toxicité est observée au niveau des plantes du traitement salin naturel T1 et peut être associée à des rapports $\text{Ca}^{2+} / \text{K}^+$ très élevés (tableau 1), caractéristiques de l'état de sénescence foliaire. Ceci est en accord avec l'hypothèse de [17] selon laquelle la concentration saline accélère la sénescence, réduisant aussi la durée de vie des feuilles.

Le traitement T2 représente celui où la concentration en sels est identique au traitement T1 avec le même déséquilibre ionique, néanmoins à pH favorable à la croissance et au développement des deux espèces étudiées (pH=5,8). Son accroissement par rapport au

traitement T1 est le plus élevé notamment pour le haricot (314,69%) que la tomate (114,50%). Aussi, Il est à noter que les fortes concentrations de Mg ($9,20 \text{ meql}^{-1}$) et de chlore ($14,86 \text{ meql}^{-1}$) des trois séries de traitement sont considérées comme les principaux caractères de l'évaluation de la qualité du milieu pour l'irrigation car la toxicité des ions Mg^{++} associés aux chlorures serait plus élevée de celle du Mg^{++} associé aux sulfates [18].

Pour ce qui est l'effet de la salinité de l'eau d'irrigation à travers l'expression de l'accumulation de la proline dans les feuilles des plantes des deux espèces étudiées, il a été constaté des teneurs variables selon les différents traitements. L'élévation de la teneur en cet osmolyte est en relation avec la composition et la concentration de la solution d'irrigation.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de la tomate et du haricot dans les zones semi-arides et arides où la qualité des eaux fournies pour l'irrigation est défavorable à l'irrigation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

01 Ashraf, M, Foolad M,R,(2005): Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions, *Advances in Agronomy*, 88: 223-271,

02 Cheverry.C., (1995) : Extension et diversité des phénomènes mettant en jeu les sels solubles CR. Acad.Agric.F2. 81. N°2.p42-46

03 Katerji. N., 1995.- Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline : approches empiriques et mécanistes. C.R. Acad. Fr.81. p73-86.

04 Hamdy A ., Abdel-Dayem .S ., Abuzeid .M., 1993 .- Saline water management for optimum crop production. *Agricultural Water Management* ,24 .p198-203

05 Snoussi. S.A ., 2001. – Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées. Thèse Doctorat.

06 Snoussi S. A. 2011 : valorisation des eaux non conventionnelles en aridoculture. *Agrobiologia revue scientifique* éditée par le laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales USDB, n°1. Pp8-15.

- 07 Kaya M. D., Okcu G., Çikilil Y., Atak M., et Kolsarici Ö., 2006 : Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L). European Journal of Agronomie 24(4), pp 291-295.
- 08 Doudech N., Mhamdi M., Bettaieb T., & Denden M., 2008 : Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon (*Psapalum notatum flüggé*). TROPICULTURA 26(3), pp 182-185.
- 09 Ibrahim Khalil M. A., 1998 : Les relations hydriques et l'irrigation (les sols salins, les cultures protégées et les productions légumières). Ed Manchaat El Maarif, Egypt, 442p.
- 10 Houala F., 2002 : Effet de la salinité sur la croissance et la floraison de deux variétés d'œillet, PHM-Revue horticole 439, pp 28-32.
- 11 Heller R., 1977 : Abrégé de physiologie végétale. Tome 1, nutrition et métabolisme, Ed. MASSON et CIE, Paris. 238
- 12 Riou C., Bonhomme R., Neveu A., et Papy F., 1997 : « L'eau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau », Ed INRA, Paris. 411p.
- 13 Zhu J.K., 2001 : Plant salt tolerance, Trends Plant Sci.6:66-71
- 14 Ben Khaled L., Morte Gomez A., Honrubia M., Oihabia A., 2003: Effet du stress salin sur en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le rhizobium. Agronomie 23, p553-560.
- 15 Hadjadj S., DJerroudi O., BIssati S., 2010 : Effet de la salinité sur l'accumulation de la proline foliaire d'*Atriplex halimus* et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt aux stades juvéniles. Annales des Sciences et Technologie vol. 2, n°2, Algérie. pp126-134.
- 16 Lachaâl. M., Abdelly. C., Grignon. C., Soltani. A., Hajji. M., 1996.- Variation de la sensibilité au sel en fonction du stade de développement chez la lentille (*Lens culinaris* L). Agronomie. 16. Elsevier/INRA. p 381-390.
- 17 Yéo. A.R., Flowers. T.J., 1986.- Salinity resistance in rice (*Oryza sativa* L) and pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. Aust. J. Plant physiol. 13. P163-173.
- 18 Szabolcs. I., Darab. K., 1979- Water quality of irrigation and salinisation problems. Proceedings 3. Symposium of CIEC. Benghazi Libya. p51-65.