

**ÉTUDE DE L'EFFET DE LA SALINITÉ ET DE L'INOCULATION DE  
 BRADYRHIZOBIUMSP. (LOTUS) SUR LE COMPORTEMENT  
 MORPHO-PHYSIOLOGIQUE DU HARICOT  
 (PHASEOLUS VULGARIS L.)**

ZOUAOUI Ahmed<sup>1\*</sup>, MOULA Elhachemi<sup>1</sup> et SNOUSSI Sid Ahmed<sup>1</sup>

1. Université de Blida 1, Faculté des Sciences de la nature et de la vie. Département des biotechnologies. Laboratoire de Biotechnologie des Productions végétales, B.P. 270, route de Soumaa, Blida, Algérie

Reçu le 29/01/2018, Révisé le 15/04/2018, Accepté le 05/05/2018

**Résumé**

**Description du sujet :** Les rhizobactéries stimulatrices de la croissance des végétaux sont considérées comme des éléments principaux pour le développement des plantes et peuvent améliorer la croissance et la nutrition des plantes, et les réponses aux facteurs de stress externes.

**Objectifs :** L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de l'inoculation d'une rhizobactérie (*Bradyrhizobiumsp. (Lotus)*) sur le comportement morpho-physiologique du haricot soumis à un stress salin.

**Méthodes :** L'effet de l'inoculation de *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* (108 UFC/ml) en conditions salines, sur le comportement du haricot a été étudié. Le stress salin a été généré par l'application de différentes doses de NaCl.

**Résultats :** Les résultats des deux lots de plantes (inoculés et non inoculés), montrent une augmentation des paramètres physiologiques du lot inoculé par *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* et cela en dépit des concentrations en sel.

**Conclusion :** L'inoculation par *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* nous a permis d'observer l'effet bénéfique de cette rhizobactérie ainsi son rôle dans la phytostimulation.

**Mots clés:** Haricot; Stress Salin; *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)*.

**STUDY OF THE SALINITY EFFECT AND BRADYRHIZOBIUM SP.(LOTUS)  
 INOCULATION ON MORPH-PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF BEAN  
 (PHASEOLUS VULGARIS L.)**

**Abstract**

**Description of the subject:** The rhizobacteria that stimulate the growth of plants are considered as main elements for the plants development,, they can improve plant growth, nutrition, and responses extrem stressors.

**Objective :** The objective of this work is to evaluate the effect of a rhizobactirium inoculation (*Bradyrhizobiumsp. (Lotus)*) on the morph-physiological behavior of the bean subjected to a salt stress.

**Methods :** the effect of the inoculation *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* (108 UFC/ml) inoculation in saline condition on beanbehaviorwasstudied. The salt stress wasgenerated by application of different NaCl doses.

**Results :** the result of the two lots of the plants (inoculated and uninoculated) show an increase in the physiologicoal parameters of the batch inoculated by *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* ,and this despite the salt cocentration.

**Conclusion :** The inoculation by *Bradyrhizobiumsp. (Lotus)* allowed us to observe the beneficialeffect of this rhizobacterium and itsrol in phytostimulation.

**Keywords:** Bean; Salt Stress, *Bradyrhizobium sp. (Lotus)*.

\* Auteur correspondant: ZOUAOUI Ahmed, E-mail:ahmedzouaoui09@yahoo.fr

## INTRODUCTION

Les rhizobactéries stimulatrices de la croissance des végétaux sont considérées comme des éléments principaux pour le développement des plantes sous des conditions de déséquilibre nutritionnel. Elles peuvent améliorer la croissance et la nutrition des plantes. Ces rhizobactéries peuvent affecter la croissance et le développement des plantes par la production de métabolites secondaires (régulateurs de croissance de plantes (phytohormones) et substances biologiquement actives), en diminuant ou en empêchant les effets délétères des organismes phytopathogènes dans la rhizosphère et en facilitant la disponibilité et le prélèvement de certains éléments nutritifs (Azote, Phosphore, Potassium, Fer) dans l'environnement racinaire [1]. Il existe un potentiel énorme à utiliser les rhizobactéries PGPR comme bioinoculum pour une grande variété de plantes cultivées et dans un large éventail de climat et de conditions édaphiques. Les recherches concernant ces bactéries et leurs modes d'action augmentent rapidement comme les efforts fournis pour leurs exploitations commerciales telles des biofertilisants [2].

Notre travail est porté sur l'étude de la réponse de la variété *Contender* de *Phaseolus vulgaris* L. soumise à un stress salin en présence d'une rhizobactérie de la famille des *Bradyrhizobiaceae* (*Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*)).

Pour mettre en évidence la réponse de la variété, nous avons procédé à une étude des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Matériel végétal et conduite de la culture

Les expériences ont été menées sous abris, sur des plants de la variété *Contender* de haricot *Phaseolus vulgaris* L, plantés dans des pots en plastique de 20 cm de hauteur et 15 cm de diamètre remplis du mélange sable-tourbe avec les proportions (2-1) irrigués à raison de 150 ml pour maintenir les pots à leur capacité au champ. A partir de stade deux feuilles, les plantules ont été soumises aux différents traitements en NaCl et en suspension bactérienne pendant dix jours, puis on a procédé aux différentes analyses des paramètres.

### 2. Le dispositif expérimental

Au stade deux feuilles, les plantules ont été soumises aux différents traitements. Pour l'ensemble des paramètres étudiés dans cette expérimentation, des lots inoculées et non inoculées par *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*) ( $10^8$  UFC) ont été mis en place. Ces derniers ont été irrigués par des solutions salines, contenant différentes concentrations de NaCl (0 à 12 g/l donc de 0 à 205 mM) (Tableau 1).

Tableau 1: Les différents traitements appliqués

Lots de plantes	Traitements	Désignations
1 sans inoculation bactérienne	T0	NaCl de 0 mM – Sans inoculation bactérienne
	T1	NaCl de 102 mM - Sans inoculation bactérienne
	T2	NaCl de 154 mM – Sans inoculation bactérienne
	T3	NaCl de 205 mM – Sans inoculation bactérienne
2 Avec inoculation bactérienne	T4	NaCl de 0 mM – Avec inoculation bactérienne
	T5	NaCl de 102 mM - Avec inoculation bactérienne
	T6	NaCl de 154 mM – Avec inoculation bactérienne
	T7	NaCl de 205 mM – Avec inoculation bactérienne

## RÉSULTATS

### 1. Hauteur de la partie aérienne et longueur du système racinaire

A partir des résultats obtenus dans la figure 1, on note une fluctuation des valeurs de la hauteur de la partie aérienne en présence du NaCl.

En effet on note une valeur de 11,17 cm pour le témoin qui diminue et atteint 7,5 cm à une concentration de 102 mM. La valeur la plus faible (5,43cm) est enregistrée à la concentration la plus élevée (205 mM).

La longueur de la partie racinaire est fortement atteinte par la présence du sel aux différentes concentrations utilisées.

On note une valeur de 8cm chez le témoin, qui diminue avec l'augmentation de la concentration en NaCl pour atteindre un minimum de 3cm à la concentration 205 mM. L'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus), à un impact significatif ( $p = 0,00, p < 5\%$ ) sur la hauteur de la partie aérienne en présence des différentes concentrations en sel comparé aux lots de plantules non inoculés.

L'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus) n'entraîne aucune différence significative sur la longueur des racines. Où on enregistre la valeur de 7,67cm chez le témoin, et la longueur de 4,33cm comme valeur minimale à la concentration la plus élevée (205 mM). Le test *t* de Student révèle une différence statistiquement significative ( $p = 0,00, p < 5\%$ ) entre ces dites valeurs.

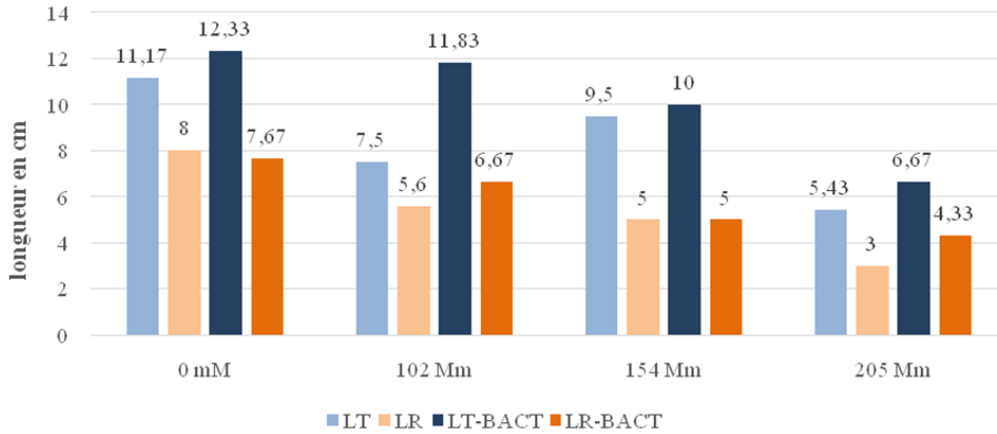


Figure 1 : Hauteur de la partie aérienne et longueur du système racinaire

## 2. Teneur en chlorophylle totale

A partir des résultats obtenus dans la figure 2, on note une fluctuation des taux en chlorophylle total en présence de stress salin. En effet on note une teneur en chlorophylle de 0,36 µg/g MF pour le témoin qui chute et atteint une valeur minimale (0,083 µg/g MF) à une concentration de 102 mM. La valeur la plus élevée (0,8 µg/g MF) est enregistrée à la concentration moyenne (154 mM), pour qu'ensuite retrouve la valeur de 0,48 µg/g MF à la concentration la plus élevée (205 mM). Le test *t* de Student révèle une différence statistiquement significative ( $p = 0,03, p < 5\%$ ) entre ces dites valeurs.

L'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus), entraîne une différence significative dans le taux en chlorophylle total en présence des différentes concentrations en sel comparé aux lots de plantules non inoculés. On note une augmentation chez le témoin avec une valeur de 0,484. Une diminution pour les déférentes concentrations a été enregistrée, avec une valeur minimale (0,083) enregistrée à la concentration la plus élevée (205 mM). Le test *t* de Student révèle une différence statistiquement significative ( $p = 0,01, p < 5\%$ ) entre ces dites valeurs. Le test *t* student, nous renseigne que *Bradyrhizobium* sp. (Lotus) a un effet significatif sur la diminution de taux de chlorophylle ( $p = 0,02, p < 5\%$ ).

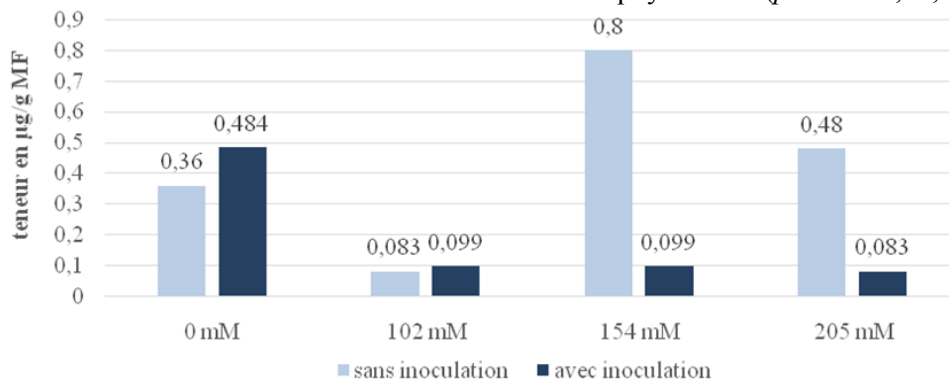


Figure 2 : Teneur en chlorophylle totale

### 3. Teneur en sucres solubles totaux

A partir des résultats obtenus dans la figure 3, on note une baisse des taux en sucres solubles totaux en présence de stress salin. En effet on note une valeur de 45,84 mg/g MS pour le témoin qui diminue et atteint la valeur de 18,21 mg/g MS à la concentration 102 mM, la valeur de 17,27 mg/g MS est enregistrée à la concentration moyenne (154 mM), tandis que la valeur minimale (14,10 mg/g MS) est enregistrée à la concentration la plus élevée (205 mM).

Le test *t* de Student révèle une différence statistiquement significative ( $p=0,01$ ,  $p<5\%$ ) entre ces dites valeurs. L'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus), entraîne une différence

significative dans le taux en sucres solubles totaux en présence des différentes concentrations en sel comparé aux lots de plantules non inoculés. On note une diminution chez le témoin avec une valeur de 26,83. Une augmentation pour les différentes concentrations a été enregistrée, tout en gardant la même tendance que celle des lots des plantules non inoculées, avec une valeur minimale (15,124) enregistrée à la concentration la plus élevée (205 mM).

Le test *t* de Student révèle une différence statistiquement significative ( $p= 0,04$ ,  $p<5\%$ ) entre ces dites valeurs.

Le test *t* de Student nous a indiqué que cette augmentation de la teneur en sucres solubles chez les lots de plantes inoculées est statistiquement significative ( $p= 0,01$ ,  $p<5\%$ ).

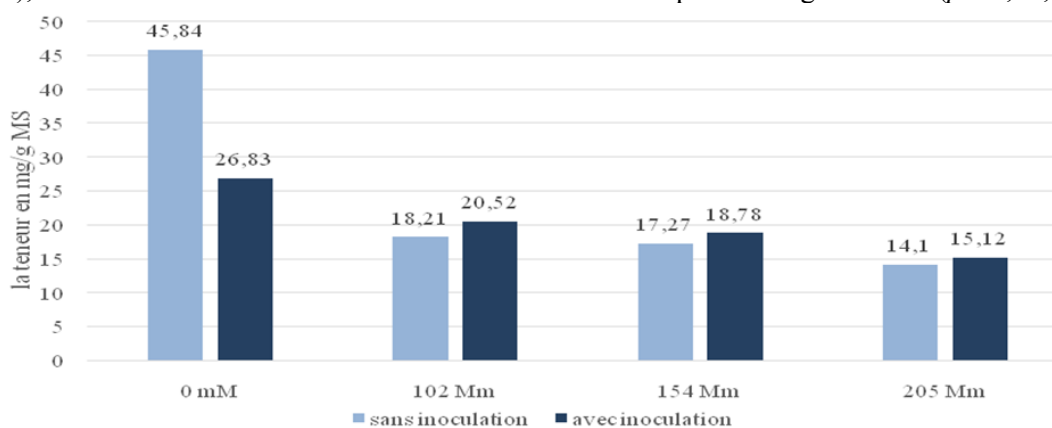


Figure 3 : Teneur en sucres solubles totaux

### 4. Teneur en proline

A partir des résultats obtenus dans la figure 4, on note une variation des taux en proline en présence de stress salin. En effet on note une valeur de 4,81 mg/g MS pour qu'ensuite le taux en proline prenne la valeur 11,98 mg/g MS à la concentration moyenne (154 mM) qui est d'ailleurs la valeur maximale. La valeur minimale (0,784 mg/g MS) est enregistrée à la concentration la plus élevée (205 mM).

L'analyse de la variance révèle une différence statistiquement significative ( $p=0,03$ ,  $p < 5\%$ ) entre ces dites valeurs.

L'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus), entraîne une différence significative dans le taux en proline en présence des différentes

concentrations en sel comparé aux lots de plantules non inoculés.

On note une augmentation chez le témoin avec une valeur de 5,24 mg/g MS. La valeur minimale (5,25 mg/g MS) est enregistrée à la concentration la plus faible (102 mM) mais qui reste supérieur à la valeur enregistrée dans le lot non inoculé à la même concentration. La valeur la plus élevée de taux en proline (6,39 mg/g MS) a été enregistrée à la concentration moyenne (154 mM). L'analyse de la variance révèle une différence statistiquement significative ( $p=0,04$ ,  $p < 5\%$ ) entre ces dites valeurs.

Le test *t* de Student nous a indiqué que cette augmentation de la teneur en proline chez les lots de plantes inoculées est statistiquement significative ( $p= 0,023$ ,  $p < 5\%$ ).

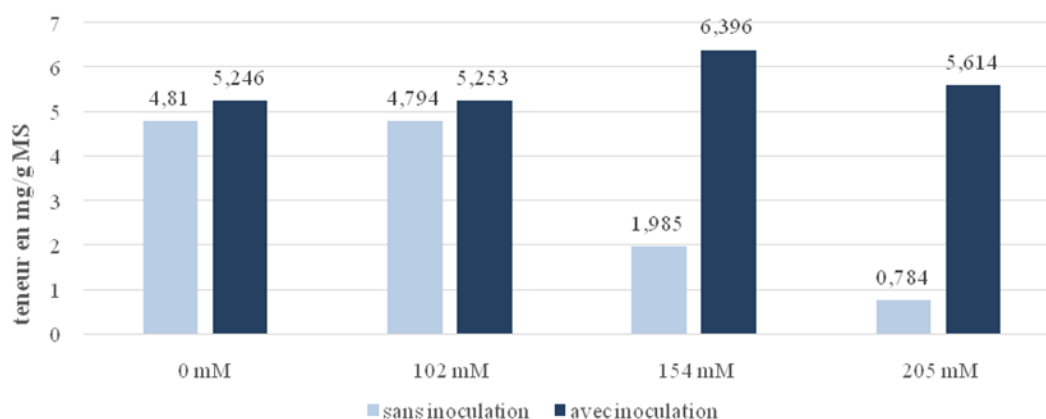


Figure 4 : Teneur en proline

## DISCUSSION

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes [3]. Les effets de la salinité se manifestent au niveau de la plante entière à des degrés variables se traduisant par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité [4]. L'effet de la salinité n'est pas homogène pour tous les organes. Les réponses morphologiques, physiologiques et métaboliques de ces derniers sont différentes [5] et parfois même opposées entre les stades juvéniles et adultes [6]. D'après nos résultats, la salinité a réduit davantage la croissance des parties aériennes du haricot comparativement à celle des racines. Des résultats similaires ont été rapportés par Dubey et Singh [7]. Cette résistance du système racinaire du haricot au stress salin peut être due à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire [8]. La réduction de la croissance peut être aussi liée à des perturbations des taux des régulateurs de croissance (acide abscissique et cytokinines) induites par le sel [9], parfois à une réduction de la capacité photosynthétique suite à une diminution de la conductance stomatique de CO<sub>2</sub> sous la contrainte saline [10]. Néanmoins, il faut signaler que les effets de la salinité sur la croissance et la productivité ne sont pas toujours négatifs. Des concentrations faibles en NaCl (6 g/l) dans le milieu a conduit à une stimulation de la production de la matière fraîche et

sèche des organes aériens du haricot. Une réponse analogue a été signalée chez la luzerne [11].

Dans notre travail, à la concentration 12g/l de NaCl, on a noté une augmentation en croissance qui a dépassé même le taux de croissance du témoin, ce qui nous laisse suggérer qu'à cette concentration, le sel stimule la croissance.

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence [12].

L'osmorégulation permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes et la proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et de régulation du pH [13]. L'accumulation de ces composés organiques a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, la proline et les sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes [12]. Il a été rapporté qu'en ce qui concerne les sucres solubles, des corrélations significatives et négatives ont été établies, en conditions salines, entre la production de la biomasse sèche aérienne et les teneurs des feuilles en sucres solubles totaux de certaines espèces comme le tournesol [14], le haricot et le riz ([12]. Alors que chez d'autres espèces comme le blé, l'orge et le triticale, ainsi que le cotonnier et le soja [12].

C'est plutôt le phénomène inverse qui a été observé : les variétés présumées plus tolérantes de ces espèces sembleraient accumuler des quantités plus élevées de sucres solubles.

La corrélation négative entre l'évolution des teneurs en protéines solubles et celles de la proline en fonction des teneurs en sel suggère une provenance catabolique au moins dans le cas des faibles doses de NaCl. Les travaux de Tjamos *et al.* [15] sur *Arabidopsis thaliana* cultivée sous stress salin montrent que la proline est formée à partir de glutamate via la pyrroline-5-carboxylase synthétase, alors qu'en l'absence de sel l'ornithine est le substrat préférentiel pour sa synthèse. Chez *Phaseolus aureus*, le sel induit une inhibition de l'activité de la proline déshydrogénase et de la proline oxydase tandis que chez *Morus alba*, la pyrroline-5-carboxylase synthétase est stimulée [16]. Une stimulation de l'activité de cette dernière a été également rapportée chez *Arachis hypogaea* L. [17], *Vigna aconitifolia* [18] et *Arabidopsis thaliana* [19 ; 20] ont montré que les actions bénéfiques des PGPR apparaissent de façon notable sur l'activité physiologique de la plante et non pas sur la structure végétale.

L'amélioration de l'alimentation minérale de la plante a été la première hypothèse proposée pour expliquer l'effet bénéfique enregistré à la suite de la bactériation des plantes. L'étude réalisée par Klopper *et al.* [21], ont montré que la biostimulation de la croissance du colza est due à l'amélioration de son alimentation en azote. Shabala et Cuin [22], signale que les PGPR peuvent solubiliser le potassium, afin d'atténuer le manque en cet élément [23], ont démontré qu'il existe une corrélation entre l'induction de l'élongation des systèmes racinaires de plusieurs espèces végétales et des substances synthétisées par des bactéries comme les souches de *Pseudomonas fluorescens*.

D'après Sharma et Johri [1], le fer est un cofacteur pour plus de 140 enzymes qui catalysent des réactions biochimiques pour le métabolisme des végétaux. Par conséquent, le fer remplit plusieurs rôles essentiels dans la croissance et le développement des plantes, y compris la synthèse de chlorophylle et le développement de chloroplaste. Pour acquérir cet élément indispensable mais peu soluble, les bactéries ont développé une stratégie qui repose sur la synthèse de sidérophores et de protéines membranaires réceptrices qui se lient au Fe<sup>3+</sup> et elles le maintiennent en solution.

Ce qui explique les résultats obtenus par rapport au paramètre physiologiques (chlorophylle) ou une augmentation de valeurs était enregistré après la bactériation.

## CONCLUSION

L'étude de l'effet de la salinité sur la croissance, ainsi que les paramètres biochimiques (chlorophylle, sucres totaux et proline) nous a permis d'évaluer l'effet dépressif que joue la salinité sur les plantes. L'inoculation par *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*) nous a permis d'observer l'effet bénéfique de cette rhizobactérie ainsi son rôle dans la phytostimulation. D'une manière générale, on a constaté une amélioration en croissance des plantules de *Phaseolus vulgaris*, cette amélioration est remarquable dans la partie racine contrairement à la partie aérienne qui a vu une baisse. L'accumulation de la proline et des sucres solubles totaux a vu une augmentation en présence de *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*), un point positif comparé à leur faible accumulation dans les plants soumis au stress salin en absence d'inoculation bactérienne.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Sharma, A. & Johri, B.N., (2003). Combat of iron-deprivation through a plant growth promoting fluorescent *Pseudomonas* strain GRP3A in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek), *Microbiol. Res.* 158 : 77-81.
- [2]. Costa B.M. (2007). Manipulation of intracellular magnesium levels in *Saccharomyces cerevisiae* with deletion of magnesium transporters. *Appl Microbiol Biotechnol* 77(2) :411-25
- [3]. Bouaouina S., Zid E., et Hajji M. (2000). Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). CIHEAM - Options Méditerranéennes. pp. 239-2.
- [4]. Wang W.X., Vinocur B., Shoseyov O. and Altman A. (2001). Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort* 560: 285-292
- [5] Hilal R.S and Singh A.K. (1999). Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolising enzymes in rice plants, *Biol. Plant.* 42 : 233-239.

- [6]. **Munns R. and Termaat A. (1986).** Whole plant responses to salinity, *Aust. J. Plant Physiol.* 13 : 143–160.
- [7]. **Dubey R.S and Singh A.K. (1999).** Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar rmetabolising enzymes in riceplants, *Biol. Plant.* 42 : 233–239.
- [8]. **Brungnoli E. and Bjorkman O. (1992).** Growth of cotton under continuous salinity stress: Influence on allocation pattern, stomatal and non stomatal components of photosynthesis and dissipation of exeslight energy, *Planta* 187 :335–347.
- [9]. **Kuiper F.J., Chen D.M and De Filippis F.L. (1998).** Respiratory, photosynthetic andultrastructural changes accompanying salt adaptation in culture of Eucalyptus microcorys, *J. Plant Physiol.* 152 : 564–573.
- [10]. **Santiago R., and Termaat A. (1986).** Whole plant responses to salinity, *Aust. J. Plant Physiol.* 13 : 143–160.
- [11]. **Hussain G., Al-Jaloud A.A., Al-Shammary S.F, and Karimulla S. (1995).** Effect of saline irrigation on the biomassyield, and the protein, nitrogen and phosphorus, and potassium composition of alfalfa in a pot experiment, *J. Plant Nutr.* 18 : 2289–2408.
- [12]. **El Midaoui M., Benbella M., Aït Houssa, A. Ibriz M. and Talouizte A. (2007).** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*) *Revue HTE* 136 : 29-34.
- [13]. **Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M, Kangasjarvi J, Jiang X. and Polle A. (2005).** *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress. *Plant Physiology*, 139: 1762–1772.
- [14]. **El Midaoui M., Talouizte A., Benbella M., and Bervillé A. (1999a).** Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to nitrogen and potassium deficiency. *Helia.* 22 (30) : 139-148.
- [15]. **Tjamos SE, Flemetakis E, Paplomatas EJ. and Katinakis P. (2005).** Induction of resistance to *Verticillium dahliae* in *Arabidopsis thaliana* by the biocontrol agent K-165 and pathogenesis-related proteins gene expression. *Mol. Plant Microbe Inter.* 18 :555–561.
- [16]. **Sudhaker C., Lakshmi A. and Giridarakumar S. (2001).** Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba L.*) under NaCl salinity, *Plant Sci.* 161 : 613–619.
- [17]. **Gerard R.S & Singh A.K. (1999).** Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolising enzymes in rice plants, *Biol. Plant.* 42 : 233–239.
- [18]. **Hu C.A.A., Delauney A.J., and Verma D.P.S. (1992).** A bifunctional enzyme (1-pyrroline-5-carboxylase synthetase) catalyzes the first two steps in proline biosynthesis in plants, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89 : 9354–9358.
- [19]. **Yoshida Y., Kiyosue T., Katagiri T., Ueda H., Mizoguchi T., Yamaguchi-Shinozaki K., Wada K., Harada Y. and Shinozaki K. (1995).** Correlation between the induction of a gene for 1-pyrroline-5-carboxylase synthetase and accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress, *Plant. J.* : 751–760.
- [20]. **Van Peer R, Niemann CJ. and Schippers B. (1991).** Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of carnation by *Pseudomonas* sp strain WCS417r. *Phytopathology* 81 : 728-734.
- [21]. **Kloepper J.W, Schroth M.N. and Miller TD. (1980).** Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology* 70 : 1078-1082
- [22]. **Shabala S. and Cuin T.A. (2007).** Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiol. Plant.* 133(4): 651 – 669.
- [23]. **Young. S, Pharis. R.P, Reid. D, Reddy. M.S, Lifshitz. R and Brown. G. (1991).** «PGPR: is there a relationship between plant growth regulators and the stimulation of plant growth or biological activity». In «plant growth promoting rhizobacteria». Progress and prospects. (Keel, C., Koller, B., and Défago, G. eds), IOB/WPRS Bulletin XIV / N°8, (1991), pp. 182-186.