

Proline, glycine bétaine et composition minérale des plantes de *Solanum lycopersicum* L. (var. *Microtom*) sous stress salin

H. BACHA^{1*}, E. MANSOUR¹, F. GUASMI¹, T. TRIKI¹, ET A. FERCHICHI^{1,2}

¹ Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie.

² Département de Génie Rural Eaux et Forêt (GREF), Institut National Agronomique de Tunisie (INAT).

* Auteur correspondant: bechhab@yahoo.fr

Abstract - Environmental stress severely restricts the distribution and productivity of plants. In particular, salinity is a major constraint on agricultural production in the world. Plants have developed various protective mechanisms to acclimate in adverse environments and continue their survival and growth. Such a mechanism occurs in various plants such as tomato, by the accumulation of certain metabolites organic with low molecular weight which are collectively known as compatible solutes. The present work evaluated the protective role of these solutes accumulated as proline and glycine betaine in leaf tissue of tomato var. *Microtom*, submitted in salt stress conditions with different concentrations as follows: 1 mM, 25 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM and 200 mM. This mechanism has been directly limiting the harmful effects of salt. The synthesis of proline reached a rate of $1,18 \pm 0,29$ mg/ml in 200mM NaCl and glycine betaine with a maximum rate of $1,77 \pm 0,21$ mg /ml in 200 mM NaCl in air level which has a beneficial effect on the achievement of osmotic adjustment. Furthermore, salt stress affected the mineral composition by increasing the leaf content in Na^+ , Cl^- but the K^+ rate and Mg^{2+} were significantly decreased where K^+ decreased from $31,67 \pm 1,35$ to $1,39 \pm 0,72$ mg / g DWS and Mg^{2+} from $94,95 \pm 2,41$ to $3,53 \pm 2,02$ mg / g DWS respectively from 1mM to 200mM NaCl.

Keywords: Glycine betaine, leaf dry weight, mineral composition, proline, salinity and Tomato.

Résumé - Le stress environnemental restreint sévèrement la distribution et la productivité des plantes. En particulier, la salinité est une contrainte majeure qui limite la production agricole dans le monde. Les plantes ont développé divers mécanismes de protection pour s'acclimater à des environnements défavorables pour survivre et continuer leur croissance. Un tel mécanisme se manifeste dans diverses plantes telles que la tomate, par l'accumulation de certains métabolites organiques ayant un faible poids moléculaire qui sont collectivement connus sous le nom de solutés compatibles. Le travail actuel a évalué le rôle protecteur de ces solutés accumulés tel que la proline et la glycine bétaine dans les tissus foliaires de Tomate var. *Microtom*, soumises sous condition du stress salin avec différents concentrations comme le suivant : 1mM, 25mM, 50mM, 100mM, 150mM and 200 mM. Ce mécanisme a pu directement de limiter les effets nocifs du sel. La synthèse du proline atteint un taux moyen de l'ordre de $1,18 \pm 0,29$ mg/ml à 200mM de NaCl. Au niveau aérien la glycine bétaine a un effet bénéfique sur la réalisation de l'ajustement osmotique qui a arrive a un teneur élevé de l'ordre de $1,77 \pm 0,21$ mg /ml à 200 mM de NaCl dans les feuilles de *Microtom*. En outre, le stress salin a affecté la composition minérale par augmentation du contenu foliaire en Na^+ , Cl^- mais le taux de K^+ et Mg^{2+} ont diminué de manière significative K^+ de $31,67 \pm 1,35$ à $1,39 \pm 0,72$ mg/g PSF et Mg^{2+} de $94,95 \pm 2,41$ à $3,53 \pm 2,02$ mg/g PSF respectivement de 1mM à 200 mM.

Mots clés : Glycine betaine, composition minérale, poids sec des feuilles, proline, salinité et Tomate.



1. Introduction :

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. C'est l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui réduit fortement les rendements agricoles. L'effet néfaste de cette contrainte se manifeste généralement par la limite de la productivité des plantes cultivées (Ashraf 1999). Cela est dû au fait que la salinité affecte plusieurs aspects de la physiologie de la plante, de la croissance et du développement (Borsani et al. 2003). Une réponse métabolique au stress salin est la synthèse des osmolytes compatibles. Ces composés organiques jouent un rôle dans la lutte contre les stress liés à l'environnement chez les organismes vivants. Dans de nombreux cas, les stress environnementaux menacent la stabilité de la conformation des protéines et donc divers osmolytes ont été sélectionnés pour stabiliser les macromolécules intracellulaires (Hong et al. 199 ; Smirnov 1993). La Tomate (*Solanum lycopersicum* (var. *Microtom*)), l'un des cultures les plus importantes et les plus répandues dans le monde, est sensible à des niveaux modérés de sel dans le sol. Des nombreux auteurs ont rapporté une grande variation entre les géotypes de tomate dans leur réponse à la salinité, de ce fait, la variabilité génétique au sein d'une espèce est un outil précieux pour le dépistage et la sélection des variétés les plus tolérantes au sel (Foolad 1996) et (Cuartero et al. 1999) Plantes confrontés à des situations indésirables tels que des concentrations élevées de sel diminuent leur potentiel osmotique en accumulant les osmolytes qui ne perturbent pas les fonctions enzymatiques de manière à maintenir l'absorption d'eau dans le sol pauvre en eau (Demiral et Turkan 2006). L'accumulation de ces solutés compatibles (les osmoprotectants) tels que la proline et la glycine betaine, permet le maintien de la turgescence et la stabilisation des protéines et des membranes contre les effets déstabilisants des stress abiotiques dont la salinité, la sécheresse et la haute température, qui provoquent l'épuisement de l'eau cellulaire. Par conséquent, l'accumulation de ces solutés est un facteur important qui aide la plante pour s'adapter à l'environnement salin (Bohnert et al. 1995 ; Garcia, et al. 1997). La signification physiologique et les mécanismes conduisant à l'accumulation de proline dans le genre *Lycopersicum* sont mal compris. En outre, selon Cram (1976), les sucres contribuent jusqu'au 50% du potentiel osmotique totale en glycophytes soumis à des conditions salines. La survie des plantes de tomate dans les sols salins dépend de leur capacité à synthétiser des composés organiques, tel que proline et sucres (Fariba et Ehsanpour 2005 ; Flowers 2004) et l'accumulation de Na⁺ et de K⁺ (Borsani et al. 2003) pour diminuer les dommages du stress salin. Les cultivars de tomates peuvent différer dans leur sensibilité au stress salin (Alian et al. 2000 ; Chookhampaeng et al. 2007), d'où la sélection de cultivars tolérants peuvent aider à améliorer la performance de plantes de tomates dans des conditions salines. Le potassium est un nutriment essentiel étant la principale substance nutritive inorganique pour plusieurs plantes terrestres. Par conséquent, les systèmes de transport K⁺ impliquant une bonne sélectivité de K⁺ sur Na⁺ peuvent également être considéré comme un facteur important de tolérance à la salinité (Rodriguez- Navarro 2000). En général, la plupart des recherches sur la tolérance au sel chez la tomate a été développé à l'état sauvage par rapport aux espèces domestiquées (Kahlaoui et al. 2013). Et très peu de rapports sur les cultivars commerciaux sont disponibles.

L'objectif principal du présent travail était d'évaluer les effets de la contrainte saline sur la biochimie des plantes de tomate (var. *Microtom*) et le seuil de tolérance. Une étude plus détaillée dans ce domaine est nécessaire, y compris l'examen de l'effet de NaCl sur des solutés compatibles comme la proline, glycine betaine, les minéraux tel que Na⁺, K⁺, Mg²⁺ et Cl⁻ dans la tomate var. *Microtom* après une exposition à des conditions de la salinité au cours de la culture.

2. Matériels et méthodes :

2.1. Préparation de la plante

Les graines des plantes de tomates *Solanum lycopersicum* L. (cv. *Microtom*) ont été germés à 28°C dans la vermiculite. Après 7 jours, ils ont été transférés dans des packs à 15 litres et cultivées dans des systèmes hydroponiques aérés contenant une solution nutritive (1/10 Hoagland). Ces plantes ont poussés dans une chambre avec un cycle lumière/obscurité de l'ordre de 16/8 h et une température de l'ordre de 25°C pendant le jour et 20°C pendant la nuit. L'humidité relative a varié entre 65% (le jour) et 80% (la nuit) et la densité du flux de photons 365 Mol m⁻²s⁻¹. La solution nutritive a été formulée avec Ca (NO₃)₂, MgSO₄, et Ca (H₂PO₄)₂. Les micronutriments ont été ajoutés comme suit 50 CaCl₂, 12,5 H₃BO₃, 1 MnSO₄, 1 ZnSO₄, 0,5 CuSO₄, 0,1 H₂MoO₄, 0,1 NiSO₄, et 10 Fe-EDDHA. Le pH a été ajusté à 5,5 par jour et les solutions ont été renouvelées chaque semaine. Les plantes sont

cultivées pendant 14 jours dans une solution de contrôle. Ensuite, les plantes ont été transférées dans les solutions salines avec différentes concentrations de Na⁺ (1, 25, 50, 100, 150 et 200 mM de NaCl) pour suivre leur développement pendant 8 jours.

2.2. Détermination de la proline

A 20 mg du poids sec de l'échantillon a été ajouté 1 ml de l'acide sulfosalicylique (3%). La solution obtenue a été remuée pendant 1 h à 30 °C. Les échantillons ont été par la suite centrifugés à 10000rpm pendant 5 minutes à 4 °C. 125µl du surnageant de chaque échantillon a été mis dans des tubes à essai auquel on a ajouté respectivement 125µl d'acide glacial et 125µl de l'acide ninhydrique. Les tubes sont ensuite incubés au bain marie pendant 1 h à 90°C. Le refroidissement des échantillons s'effectue en l'immergeant dans la glace pendant 1 minute (Bates et al. 1973). Enfin, on a ajouté à chaque tube 4 ml de toluène et la lecture a été déterminée à 520 nm.

2.3. Détermination de la glycine bêtaïne

A 0,5 g du matériel végétal sec finement broyé, on a ajouté 20 ml d'eau distillé. La solution obtenue a été incubée pendant 48 h à 25 °C. Les échantillons sont ensuite filtrés et le filtrat est stocké au congélateur jusqu'à l'analyse. Les extraits décongelés ont été dilués 1: 1 avec de l'acide sulfurique 2 N. 0,5 ml de la solution obtenue a été refroidie dans l'eau glacée pendant 1 h. Le réactif KI-I2 (0,2 ml) a été ajouté et le mélange a été doucement agité avec le vortex. Les échantillons ont été stockés à une température de l'ordre de 0 - 4°C pendant 16 heures. Ensuite, les échantillons ont été transférés dans des tubes pour les centrifuger à 10000 g pendant 15 minutes à 0 °C. Le surnageant est aspiré avec précaution avec micropipette. Comme la solubilité du complexe augmente nettement avec la température, il est important que les tubes soient maintenus jusqu'à ce que le complexe froid soit séparé du milieu acide. Le culot est dissous dans 9 ml de 1,2-dichloro éthane (réactif). Premier lavage avec 0,5 ml et laisser 5 minutes. Mélanger les tubes avec le vortex pour effectuer une solubilité complète dans le solvant. Après 2h, l'absorbance a été mesurée à 365 nm avec spectrophotomètre UV-visible (Gieve et Grattan 1983). Les standards de la glycine bêtaïne (50-200 pg / ml) ont été préparées dans de l'acide sulfurique 2 N et la procédure pour l'estimation l'échantillon a été suivie.

2.4. Détermination de la composition en matière minérale

La plante a été récoltée après les traitements comme défini et séparée des racines, et séchée dans un four à air forcé à 65°C pendant 4 jours pour la détermination du poids sec (PS). La matière séchée a été digérée avec HNO₃: HClO₄ (2: 1, v: v). Concentrations de K⁺, Mg²⁺ et Na⁺, Cl⁻ ont été déterminées par ICP-MS en utilisant un spectromètre Iris Intrepid ICP (Thermo Electron Corporation, Franklin, USA). Les données rapportées sont les moyennes de 3 valeurs par traitement et les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

2.5. Analyse statistique

Le traitement statistique a été réalisé par le logiciel SPSS, Version 18.0 et les paramètres enregistrés ont été soumis à l'analyse de la variance à deux voies. Moyens comparaison ont été réalisées par le test ANOVA au niveau significatif de 0,05.

3. Résultats et discussions

3.1. Effet du stress salin sur le poids sec des feuilles

L'augmentation de Na⁺ dans la solution a diminué de manière significative la croissance des feuilles de Microtom. La salinité avait un impact plus négatif sur la production de la biomasse sèche de la partie aérienne des plantes de cette glycophyte. La production maximale (2,92g) de la matière sèche a été observée à une concentration moyenne en sel de 25 mM (Tableau 1). Attenburrow et Waller (1980) ont observé une baisse importante de rendement en matière sèche de plantes de tomates en augmentant la salinité. De même cela est observé dans notre travail, par rapport au traitement du contrôle 1mM, une diminution remarquable au niveau de la production en matière sèche était observée dans les plantes de tomates (feuilles) à 150 mM de salinité (Tableau 1).

Tableau 1. Valeurs moyennes du poids sec des feuilles de plantes de *Solanum lycopersicum* var. *Microtom* soumises à un stress salin sous ces différentes concentrations 1mM (témoin), 25mM 50mM ,100mM ,150mM et 200 mM. Chaque valeur est la moyenne de 3 répétitions.

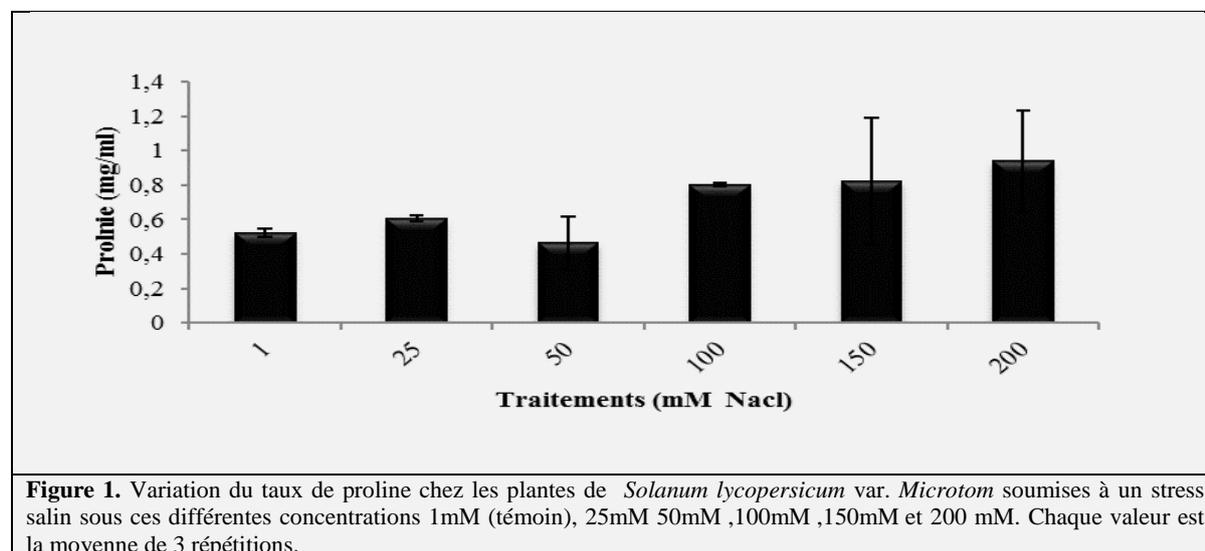
NaCl [mM]	Moyenne du Poids Sec des Feuilles [g]
1	4,53 ± 1,02 c
25	2,92 ± 0,17 b
50	2,31 ± 0,41 b
100	0,82 ± 0,33 a
150	0,17 ± 0,02 a
200	0,06 ± 0,01 a

Les variations de production de matière sèche étaient également dépendantes de types de sel (Ryan et al. 1975) et parmi les sels solubles NaCl est le plus préjudiciable à la croissance des plantes et l'absorption des nutriments (AL-Rawahy et al. 1990). Dans leurs expériences, l'eau de mer contenant des quantités élevées de NaCl ont produit une quantité réduite de matière sèche par rapport avec la salinité du sol. La salinité diminue la surface foliaire et le taux de croissance relative (Alarcon et al. 1994) qui peuvent contribuer à diminuer le poids et la production de fruits secs dans la tomate (Mahajan et Tuteja 2005).

L'impact de cette contrainte abiotique sur la biomasse aérienne sèche a été également déclaré par Laaziza B K et al. (2003), la salinité a réduit d'avantage la croissance des parties aériennes du trèfle comparativement à celle des racines. Des résultats similaires ont été rapportés par Dubey et Singh (1999).

3.2. Effet du stress salin sur la proline

Les résultats des auteurs plus récents sont compatibles avec notre travail actuel, proportionnellement avec la progression du stress salin, la synthèse du proline augmente progressivement et plus précisément dans les feuilles de *Microtom* entre 50 mM et 200 mM NaCl avec le taux maximal $1,18 \pm 0,29$ mg/ml en cette osmolyte ont été atténué à 200 mM NaCl (Figure 1).



On a confirmé nos résultats avec ceux trouvés par Syed et al. (2011) sur la tomate, qui suggère que la capacité d'augmentation de la synthèse de la proline en état du stress salin peut déterminer les niveaux de tolérance de la plante à la salinité. C'est possible que, amélioré l'accumulation de proline peut régler plusieurs processus nécessaires à la survie dans la condition du stress salin (Maggio et al. 2002).

3.3. Effet du stress salin sur la glycine bétaine

La glycine bétaine (Glybet) a atteint un taux élevé de $1,77 \pm 0,21$ mg /ml à 200 mM de NaCl (Figure 2).

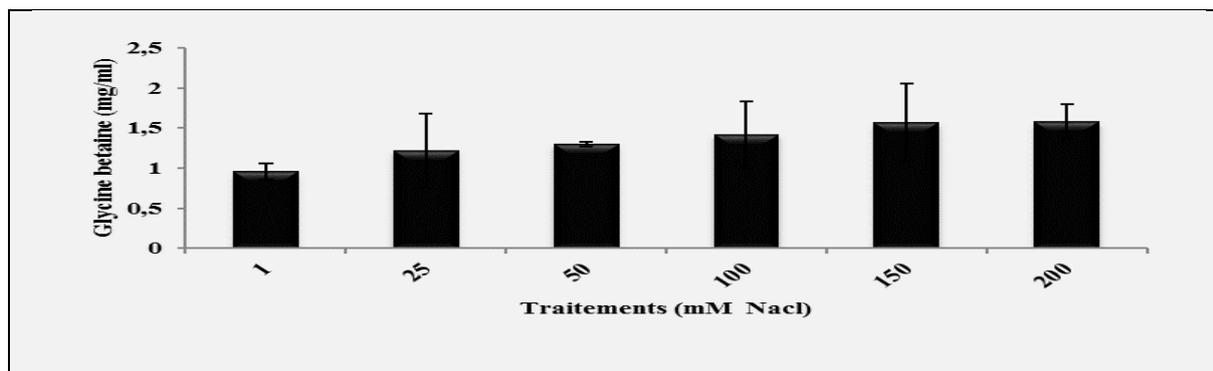


Figure 2. Variation du taux de la glycine bétaine chez les plantes de *Solanum lycopersicum* var. *Microtom* soumises à un stress salin sous ces différentes concentrations 1Mm (témoin), 25mM 50mM ,100mM ,150mM et 200 mM. Chaque valeur est la moyenne de 3 répétitions.

D'autres travaux ont étudié la synthèse de la glycine bétaine chez divers plantes soumises au stress salin. Dans le cas d'osmorégulation, la compatibilité de cette soluté glycine bétaine (Glybet), est un composé qui peut potentiellement jouer un rôle crucial dans la protection efficace contre le sel, la sécheresse, et le stress de la température extrême (Achraf et Harris 2004; Achraf et Foolad 2007; Chen et Murata 2008).

3.4. Effet du stress salin sur la composition minérale

Dans la partie aérienne (les feuilles) de la tomate var. *Microtom*, entre les traitements 1mM et 150 mM de NaCl, on remarque compétition dans l'accumulation de K^+ et Na^+ dans les feuilles de *Microtom* (Figure 3).

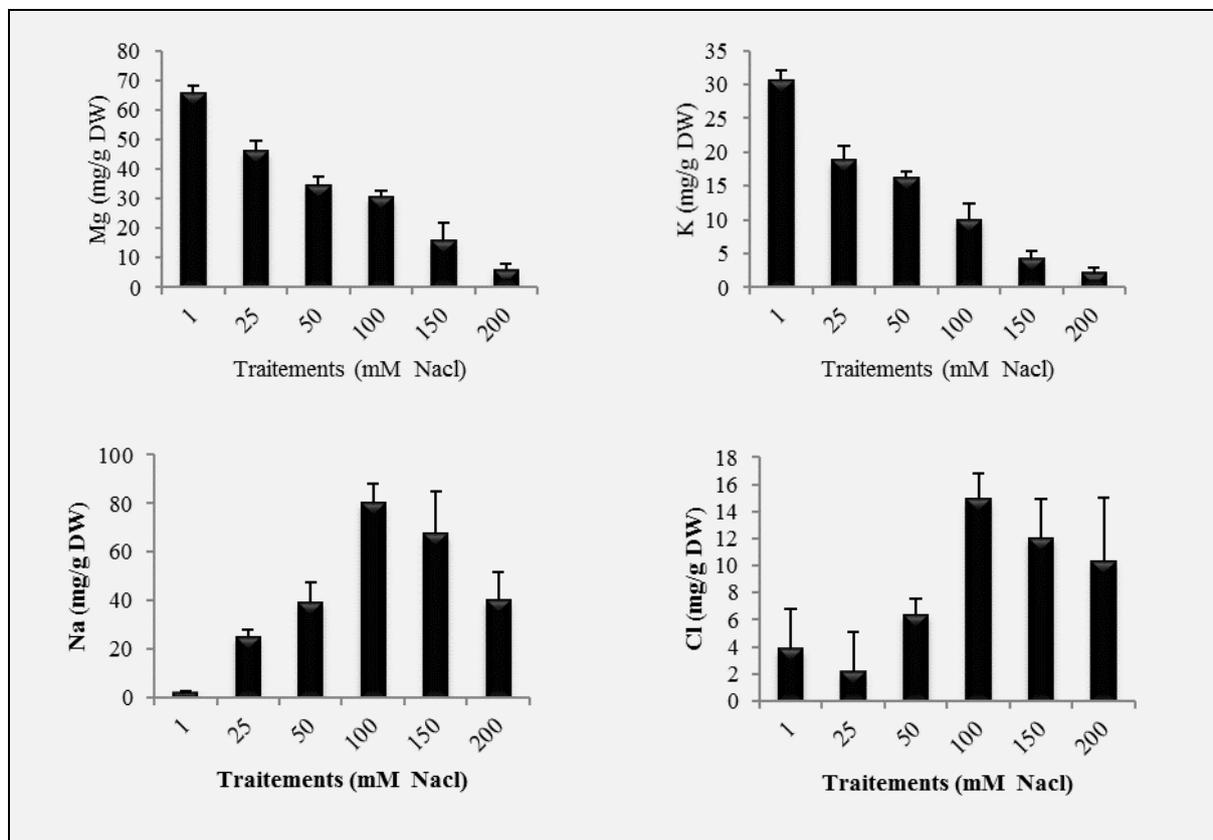


Figure 3. Variation de la concentration des feuilles de *Microtom* en K^+ , Mg^{2+} , Na^+ et Cl^- . Les barres d'erreur sont désignées. Les standards indiquent des effets significatifs de K^+ , Mg^{2+} , Na^+ et Cl^- et leur interaction selon ANNOVA.

4. Conclusion

Les plantes glycophytes comme la tomate (var. *Microtom*) ont la possibilité à tolérer les conditions environnementales sévères tel que le stress salin comme les résultats obtenus dans la présente étude, on peut conclure que la proline et la glycine betaine réduisent l'impact du stress salin sur la croissance du *Microtom*. La protection est le rôle le plus prononcé par ces deux osmolytes lors de l'augmentation progressive de la salinité. En outre, un aspect clé s'organise dans la bonne répartition des éléments Na^+ , Mg^{2+} , K^+ et Cl^- dans les feuilles de cette glycophyte avec la synthèse du proline et de la glycine betaine qui sont deux indicateurs fiables de la contrainte saline imposée sur les plantes, nous permettant ainsi d'établir des seuils de stress pour le rendement et la qualité des produits hydroponiques des tomates. D'autres investigations sont nécessaires pour comprendre les rôles de Ca^{2+} et Mg^{2+} et de leurs rapports avec K^+ et Na^+ dans la tolérance des génotypes de tomate testées sous cette contrainte abiotique.

5. Références

- Alarcon JJ., Blanco MJS., Bolarin MC. et Torrecillas A., (1994);** Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. *Plant & Soil*, 166: 43-47.
- Albacete A., Martí'nez-Andu'jar C., Ghanem M.E., Acosta M., Sa'nchez-Bravo J., Asins MJ., Cuartero J., Lutts S., Dodd IC. et Pe'rez- Alfocea F., (2009);** Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. *Plant Cell Environ.* 32:928-938.
- Alian A., Altman A. et Heuer B., (2000);** Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. *Plant Sci.*, 152: 59-65.
- Al-rawahy S A., Stroehlein J L. et Pessaraki M., (1990);** Effect of salt stress on dry matter production and nitrogen uptake by tomatoes. *J. Plant Nutri.* 13, 567-577.
- Ashraf M., (1999);** Breeding for salinity tolerance proteins in plants *Crit. Rev. Plant Sci.*, 13: 17-42.
- Ashraf M. et Foolad MR., (2007);** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* 59: 206- 216
- Ashraf M., Athar HR., Harris PJC. et Kwon TR., (2008);** Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Adv. Agron.*, 97: 45-110.
- Attenburrow DC. et Waller EL., (1980);** Sodium chloride; its effect on nutrient uptake and crop yields with tomatoes in NFT (nutrient film technique). *Acta Hort.* 98, 229-236.
- Bates L., Waldren RP. et Teare ID., (1973);** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207
- Bohnert HJ., Nelson DE. et Jensen RG., (1995);** Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- Bolarin M., Fernandez F., Cruz V. et Cuartero J., (1991);** Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield-salinity response curves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 286-290.
- Borsani O., Valpuesta V. et Botella MA., (2003);** Developing salt tolerant plants in a new century: A molecular biology approach. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 73: 101- 115.
- Chen THH. et Murata N., (2008);** Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trend Plant Sci* 13: 499-505.
- Chen G., Fu X., Lips SH. et Sagi M., (2003);** Control of plant growth resides in the shoot, and not in the root, in reciprocal grafts of flacca and wild-type tomato (*Lycopersicon esculentum*), in the presence and absence of salinity stress. *Plant Soil* 256:205-215.
- Chookhampaeng S., Pattanagul W. et Theerakulpisut P., (2007);** Screening some tomato commercial cultivars from Thailand for salinity tolerance. *Asian J. Plant Sci.*, 6: 788-794.
- Cram W J., (1976);** Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply. *Encyclopedia Plant Physiol.*, 2: 284-316.
- Cuartero J. et Fernandez-Munoz R., (1999);** Tomato and salinity. *Scientia Hort.*, 78: 83-125.
- Demiral T. et Turkan I., (2006);** Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. *Environ Exp Bot* 56: 72-79.
- Dubey R S. et 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
- Fariba A. et Ehsanpour A A., (2005);** Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na^+/K^+ changes in two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under in vitro salt Stress. *Am. J. Biochem. & Biotechnol.*, 1: 212-216.
- Flowers T J., (2004) ;** Improving salt tolerance. *J. Exp. Bot.*, 55: 307-329.
- Foolad M R., (1996);** Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breed*, 115: 245-250.

- Francesco Di Gioia et Angelo Signore, (2013);** Grafting Improves Tomato Salinity Tolerance through Sodium Partitioning within the Shoot. *HORTSCIENCE* 48(7):855–862.
- Garcia A B., Engler J D A., Iyer S., Gerats T., Montagu M V. et Caplan A B., (1997);** Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. *Plant Physiol.*, 115: 159-169.
- Gieve C M. et Grattan S R., (1983);** Rapid assay for the determination of water soluble quaternary ammonium compounds. *Plant Soil*: 70:303-307.
- Hayet B., Reyes R., Elvira L G., Manuel F G L., Manuel N C., Rosa M R., Vicente M., M.Á.B et Francisco R., (2015);** High Ca²⁺ reverts the repression of high-affinity K⁺ uptake produced by Na⁺ in *Solanum lycopersicum* L. (var. *microtom*) plants. *Journal of Plant Physiology* 180 (72–79)
- Hong B., Barg R. et Ho T H., (1992);** Developmental and organ specific expression of an ABA and stress induced protein in barley. *Plant Mol. Biol.*, 18: 663-674.
- Juan M., Rivero, R M., Romero L. et Ruizet J M., (2005);** Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 54:193–20.
- Kahlaoui B., Hachicha M., Teixeira J., Misle E., Fidalgo F. et Hanchi B., (2013);** Response of Two Tomato Cultivars to Field-applied Proline and Salt Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 9 No. 3 2013, pp. 357-365
- Laaziza B K., Asun'cion G., Mario H. et Abdallah O., (2003);** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. *Agronomie, EDP Sciences*, 23 (7), pp.553-560
- Magdi A A M., Adel D A Q. et Ahmed A S B., (2014);** International journal of plant 586-600.
- Maggio A., Miyazaki S., Veronese P., Fujita T., Ibeas J I., Damsz B., Narasiman M L., Hasegawa P M., Joly R J. et Bressan R A., (2002);** Does proline accumulation play an active role in stress induced growth reduction? *Plant J.*, 31: 699-712.
- Mahajan S. et Tuteja N., (2005);** Cold, salinity and drought stresses: An Overview. *Arch. Biochem. Biophys.*, 444: 139- 158.
- Rodriguez N A., (2000);** Potassium transport in fungi and plants. *Biochem. Biophys. Acta*, 1469: 1-30.
- Ryan J, Miyamoto S and Stroehlein J L (1975). Salt and specific ion effects on germination of four grasses. *J. Range Manage.* 28, 61-64.
- Savvas D., Savva A., Ntatsi G., Ropokis A., Karapanos I., Krumbein A. et Olympios A., (2011);** Effects of three commercial rootstocks on mineral nutrition, fruit yield, and quality of salinized tomato. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174:154–162.
- Smirnoff N., (1993);** The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol*, pp: 27-58.
- Syed G A., Abdur R., N Ullah K. et Khalid N., (2011);** Enhanced Proline Synthesis May Determine Resistance To Salt Stress in Tomato Cultivars. *Pak. J. Bot.*, 43(6): 2707-2710, 2011.
- Zhang HX. et Blumwald E., (2001);** Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nat Biotechnol.* Aug; 19(8):765-8.