

EVALUATION DE LA TOLERANCE AU STRESS SALIN DE DEUX VARIETES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) CULTIVEES EN ZONE ARIDE: APPROCHE PHYSIOLOGIQUE

ABBAD Mohamed¹
SNOUSS² Sid Ahmed
DJERDJOURI³ Amina,
ZOUAOUI Ahmed, SAOU
Abdelhalim, HAMIDI
Youcef.
abbadmohammed@gmail.com
aminadjer@gmail.com

1. Laboratoire de
Biotechnologie des
Productions Végétales.
Université de Blida 1.
Algérie.

2. Laboratoire de
Ressources Génétiques et
Biotechnologies Végétales.
Ecole Nationale
Supérieure d'Agronomie
(ENSA), El Harrach.
Algérie.

Résumé

Le présent travail a porté sur l'évaluation de l'effet de stress salin sur la synthèse et l'accumulation des pigments chlorophylliens dans les feuilles de deux variétés de tomate maraichère " Marmande" et " Saint-pierre" cultivées en hors sol et en condition aride. L'essai a été réalisé dans des conditions semi-contrôlées. Les résultats ont montré que le stress salin réduit la teneur en chlorophylle a, b et c. Cette réduction est importante chez la Marmande comparativement à la Saint-Pierre, lorsqu'il y'a présence de chlorure de sodium (NaCl) dans la solution d'irrigation. Elle est proportionnelle également avec les durées d'intensité du stress testées (0, 25, 70 et 115 jours de stress).

INTRODUCTION

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes arides et semi-arides résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol (Munns et al., 2006) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (Mezni et al., 2002). Cette salinisation provient aussi de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (Bennaceur et al., 2001). Aujourd'hui, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha soit 23% des terres cultivées dans le monde, (Cheverry, 1995). Selon Belkhodja et Bidai (2004), un milliard d'hectare est menacé dont 3,2 millions d'hectare en Algérie.

Les critères de résistance à la salinité restent largement incompris et les recherches les concernant ne sont qu'à leur tout début. Leur connaissance serait évidemment d'un grand intérêt. À peine amorcés, ils pourraient servir de base pour la sélection de la résistance des plantes au stress salin.

Le comportement des plantes se trouve en permanence sous l'effet de

stress de type osmotique (Ottow et al., 2005; Lindsay et al., 2004; Munns et al., 2006), ionique (Munns, 2002; Vera-Estrella, 2005), hydrique (Cheverry, 1995; Trinchant et al., 2004) et salin (Bartels et Sunkar, 2005; Chadli et al., 2007). En effet, selon le degré de salinité dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Bennaceur et al., 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez et al., 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance.

Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte (Munns, 2002). En effet, la tolérance, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence (Garg et al., 2002; Moinuddin et al., 2005) grâce au phénomène d'ajustement osmotique.

Ce phénomène apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active des ions tels que les K^+ et Na^+ (Parida et Das, 2005; Navarro et Rubio, 2006) et Cl^- (Munns et al., 2006; Teakle et al., 2007) ou de composés organiques tels les sucres solubles (Ottow et al., 2005) et certains aminoacides comme la proline, (Morant-Manceau et al., 2004). Il permet le maintien de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance...) (Grennan., 2006, Martinez et al., 2007) et il peut intervenir à tous les stades du développement du

végétal, (Malasses, 1996).

Pour mettre en évidence l'effet de stress de la salinité sur le comportement biochimique d'une glycophyte, nous nous sommes intéressés à mettre en place deux variétés de tomate cultivées en hors sol, irriguées par trois solutions chargées en sel à savoir le chlorure de sodium (NaCl), le sulfate de sodium (Na_2SO_4) et leur combinaison (NaCl / Na_2SO_4), afin de voir d'une part l'impact de ces sels sur la synthèse et l'accumulation des pigments chlorophylliens dans les feuilles, et d'autre part pour permettre de classer ces trois types de sels selon leurs degrés de nocivité.

Matériel et méthodes

Le matériel végétal est constitué de deux variétés de tomate maraichère " Saint-pierre" et " Marmande". Elles sont conduites dans des pots en plastique contenant 3 kg de gravier de rivière. Les pots sont placés dans une serre en polycarbonate. Les plantes sont irriguées avec de l'eau chargée en sels :

- Chlorure de sodium "NaCl" (T1);
- Sulfate de sodium " Na_2SO_4 " (T2);
- Chlorure de sodium "NaCl" et Sulfate de sodium " Na_2SO_4 " (T3).

Tableau 1 : Composition des traitements utilisés

Références Eaux	pH	CE	NO_3^-	H^+	NH_4^+	PO_4^{-3}	Cl^-	SO_4^{-2}	Na^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+
Solution chargée en NaCl	5,79	1,99	10,20	3,30	1,80	3,30	29,75	1,50	30,45	5,10	1,80	4,25
Solution chargée en Na_2SO_4	5,67	1,43	10,20	3,30	1,80	3,30	0,60	30,65	30,45	5,10	1,80	4,25
Solution chargée en Na_2SO_4 + NaCl	5,75	2,27	10,20	3,30	1,80	3,30	15,82	16,72	30,45	5,10	1,80	4,25

Les graines étaient déposées dans des boîtes de pétrie sur du papier buvard imbibé d'eau et ont été mises à l'intérieur d'une étuve réglée à une température de $25 \pm 1^\circ C$ pendant une semaine. Après la germination, un repiquage a été opéré en place définitive dans des pots, soit 7 jours après le semis.

Les jeunes plantules de tomate ont été irriguées avec l'eau du robinet jusqu'à l'apparition de la première feuille soit 13 jours après le repiquage. A partir de cette date, les jeunes plantules ont été irriguées avec une solution nutritive

équilibrée afin d'obtenir un matériel végétal résistant et homogène. À partir de l'apparition des troisièmes feuilles, nous avons commencé l'application des trois traitements (tableau N°1)

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en bloc aléatoire complet (BAC) à deux répétitions (deux blocs). Le nombre de plantes par bloc est de 10 observations.

Analyse effectuée

Pour mettre en évidence l'effet de la salinité des eaux sur les paramètres

éco-physiologiques, nous avons jugé utile de réaliser une analyse biochimique (dosage des pigments chlorophylliens). Le dosage a été effectué en fonction de la durée du stress salin appliqué qui correspondent également aux différents stades physiologiques suivants :

Stade 03 feuilles : soit 20 jours après repiquage et où l'application des traitements n'a pas commencé. Ce stade représente l'état initiale (0 jour de stress); il est considéré comme témoin

Stade début nouaison : soit 90 de repiquages (après 70 jours d'application du stress);

Stade maturité des fruits : après 135 jours de transplantation (soit 115 jours de stress).

Teneur des feuilles en chlorophylle : ($\mu\text{g/g MF}$)

Selon la méthode de Francis et al., (1970), les chlorophylles a, b et c sont dosées, durant les différents stades prédéfinies, sur les feuilles de la tomate, en pratiquant 3 répétitions pour chaque traitement. La méthode d'extraction consiste à une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80 % et 40 %) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre, à trois longueurs d'ondes : (470, 645 et 663 nm).

La détermination des teneurs est déduite selon les formules :

$$\cdot \text{Chl a } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO (663)} -$$

$$2,59 \times \text{DO (645)} \text{ V} / (1000 \times \text{W}).$$

$$\cdot \text{Chl b } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO (645)}$$

$$- 4,68 \times \text{DO (663)} \times \text{V} / (1000 \times \text{W}).$$

$$\cdot \text{Chl(c)} (\mu\text{g/g MF}) = 1000 \text{ DO(470)}$$

$$- [1,82 \text{ Chl a} - 85,02 \text{ Chl b}] / 100$$

V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon

Analyse Statistique

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur le paramètre étudié, nous avons procédé à une analyse de la variance et à la comparaison des moyennes qui sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, basée sur la plus petite différence significative, à l'aide du test de Fisher à $\alpha = 5\%$.

Résultats et discussions

Impact de la salinité sur l'accumulation de la chlorophylle a :

Les résultats relatifs de la chlorophylle a pour les deux variétés sont présentées dans les figures 1 et figure 2. Leur interprétation montrent que synthèse et l'accumulation de ce paramètre passe par deux phases essentielles. La première connaître une accumulation croissante, elle

concerne les premières 25 jours après application du stress avec un taux de chlorophylle a de l'ordre de 42,30 %, 81,80 % en présence de NaCl, 34.52%, 79.09% en présence de Na_2SO_4 et de 29.45%, 69.74% en présence des deux sels dans les feuilles de la Marmande et la Saint-Pierre respectivement. Lorsque le stress est modéré, nous avons remarqués une diminution du taux de chlorophylle a de l'ordre de -23.71% et -61.01% en présence de chlorure de sodium pour la variété Marmande et cela pour les deux périodes 70 et 115 jours de stress respectivement. Par contre; et on présence toujours de même sel (NaCl) dans la solution d'irrigation, les feuilles de la variété Saint-Pierre continues d'enregistrer une augmentation de l'ordre +37.78% pour la deuxième période (70 jours de stress) par rapport a la quantité enregistrée avant d'application des traitements. A une période de stress sévère, le taux de chlorophylle testé dans les feuilles de la variété Marmande est réduit, il peut atteint -34.87% et cela a par rapport toujours de l'état initiale.

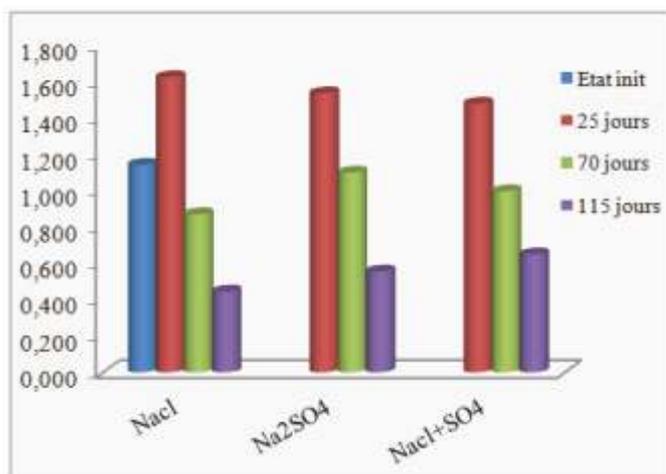


Figure N°01 : Teneur des feuilles en chlorophylle a ($\mu\text{g/g MF}$) (Variété Marmande)

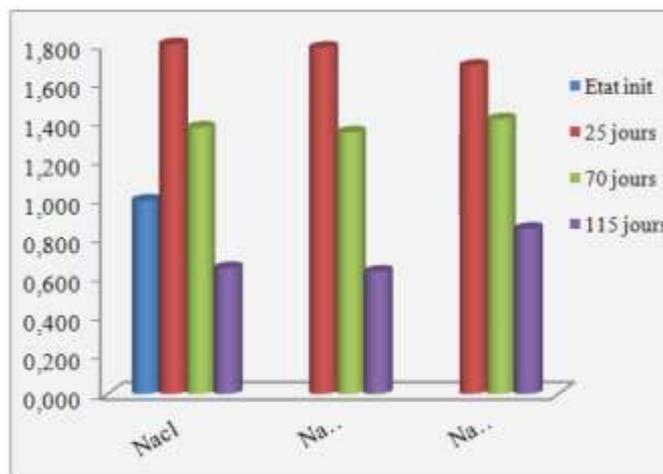


Figure N°02 : Teneur des feuilles en chlorophylle a ($\mu\text{g/g MF}$) (Variété Saint-Pierre)

A 70 jours de stress appliqué et en présence de sulfate de sodium ; la quantité de chlorophylle a dans les feuilles de la variété Marmande est réduite de **-3.75%** .En revanche, nous avons enregistré une augmentation de ce paramètre de l'ordre de **35.27%** dans les feuilles de la deuxième variété cultivée et cela par apport toujours au témoin (état initiale).

Il est a signalé que la présence des deux sels dans la solution d'irrigation réduit également la quantité de la chlorophylle a dans les feuilles des deux variétés mis en culture. Mais cette réduction est moins importante que lorsqu'ils sont testés séparément .Elle peut attendre **43.09 %** pour la

Marmande et **-14.57%** pour la Saint-Pierre.

Impact de la salinité sur l'accumulation de la chlorophylle b :

La réaction biochimique analysée à travers la mesure de la quantité de la chlorophylle b montre qu'elle est plus importante dans les feuilles de la variété Marmande que celle enregistrée chez la Saint-Pierre avec les valeurs de **0.558** et **0.308** $\mu\text{g/g}$ MF respectivement et cela durant les 20 premiers jours après la transplantation. Nous avons remarqué également une cinétique d'accumulation stable de ce paramètre; pour la variété Marmande; et en présence du chlorure de sodium dans la solution

d'irrigation pendant les deux périodes de stress appliquées (25 et 70 jours) puis une légère diminution qui arrive jusqu'à **-16.48%**. En revanche, la réaction de la variété Saint-Pierre et en présence du même type de sel passe par augmentation de **+75.65%** d'accumulation de chlorophylle b de la période 1 a période 2. Au delà de 25 jours de stress, nous avons remarqué une diminution de ce paramètre par apport à la première période, mais ces chutes restent supérieures que celles mesurées pendant l'état initial, elle peut atteindre **+40.58%** et **+26.62%** pour 70 et 115 jours de stress.

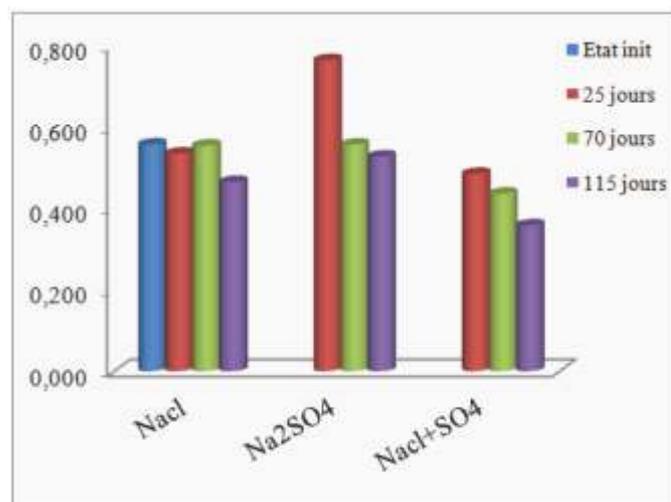


Figure N°3 : Teneur des feuilles en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ MF) (Variété Marmande)

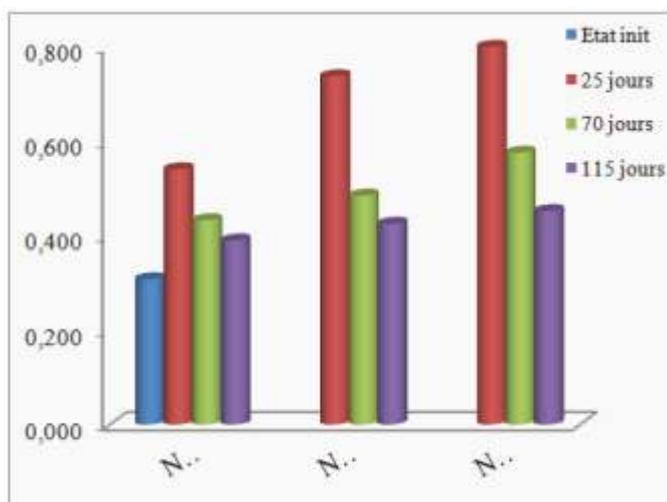


Figure N°4 : Teneur des feuilles en chlorophylle b ($\mu\text{g/g}$ MF) (Variété Saint-Pierre)

Le test de la série de solution d'irrigation enrichie en sulfate de sodium (Na_2SO_4) montre que la variété Marmande enregistre une quantité de **+37.09%** alors que la deuxième variété donne la valeur de **+ 139.61%** et cela durant 25 jours de stress. En augmentant cette durée, nous avons enregistré une

valeur de la chlorophylle b de **0.00%** (la même valeur mesurée avant application du stress) chez la variété Marmande, et **+57.46%** dans les feuilles de la Saint-Pierre. Il est à noter qu'une faible réduction a été signalée malgré que nous avons continué jusqu'à 115 jours d'application du stress avec une

irrigation par la solution riche en sulfate de sodium.

La présence du sodium lié en fraction avec les chlorures et les sulfates dans la même solution d'irrigation affecte négativement la synthèse et l'accumulation de la chlorophylle b dans les feuilles de la Marmande.

Cette réduction passe de **-12.90%**, **-21.68%** et **-35.66%** pour les durées 25 ; 70 et 115 jours d'application de stress respectivement. Alors que pour la variété Saint-Pierre, et en présence du même type de sel, nous avons enregistré une diminution de l'accumulation de ce paramètre .A

l'inverse, ces valeurs restent supérieures à celles accumulées à l'état initial (**+169.48%**, **+87.01%** et **+48.75%** pour les durées 25 ; 70 et 115 jours d'application de stress respectivement).

Impact de la salinité sur l'accumulation de la chlorophylle c :

Les deux figures 5 et 6 montrent l'évolution de la teneur des feuilles des deux variétés testées en chlorophylle c et cela avant et pendant les trois périodes de stress appliqué.

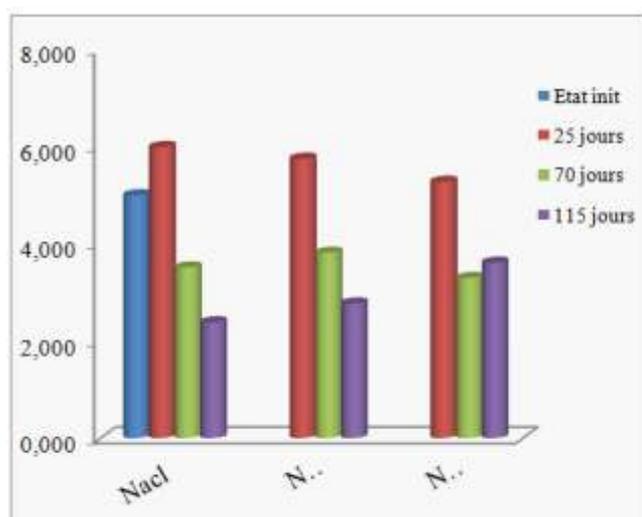


Figure N°05 : Teneur des feuilles en chlorophylle c (µg/g MF) (Variété Marmande)

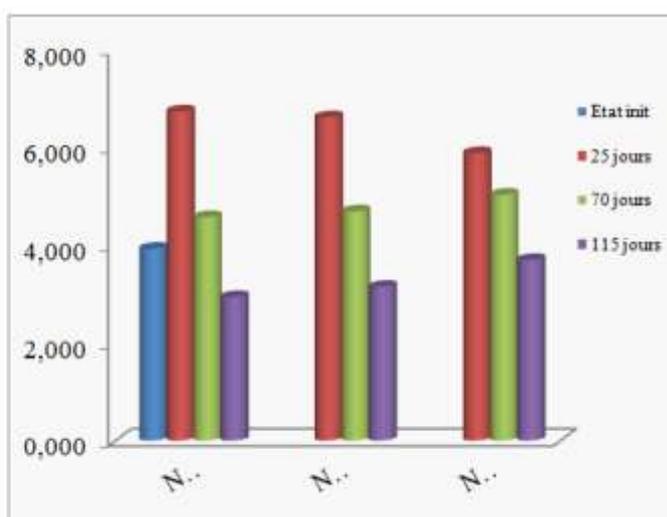


Figure N°06 : Teneur des feuilles en chlorophylle c (µg/g MF) (Variété Saint-Pierre)

Les cinétiques obtenues sont relativement identiques pour les deux variétés. Nous remarquons dans un premier temps une augmentation de l'accumulation de la quantité de ce paramètre de l'état initial jusqu'à 25 jours de stress .Les accumulations sont de l'ordre de **+19.88%** et **+70.61%** lorsque nous avons irrigué les plants par la solution enrichie en chlorure de sodium ,(NaCl),de **+15.08%** et **+68.55%** lorsque nous irriguons avec l'eau chargée en sulfate de sodium (Na₂SO₄) et de **+5.58%** et **+49.87%** lorsque le milieu nutritif est composé de sodium lié en fraction avec les chlorures et les sulfates (N a c l + N a ₂ S O ₄) . Lorsque le stress est modéré (70 jours), nous avons révélé une diminution de la chlorophylle c dans les feuilles de Marmande de -

29.74%, **-23.65%** et **-34.02%**; alors que nous avons enregistré une augmentation de **+16.52%**, **+19.52%** et **+28.15%** chez la deuxième variété testée pour les sels NaCl, Na₂SO₄ et NaCl+ Na₂SO₄ respectivement. L'augmentation de la durée de stress (115 jours) montre que les résultats obtenus chez la variété Marmande sont plus faibles que celle révélés chez la Saint-Pierre .Elles sont de (**-52.35%**, **-25.20%**) en présence du NaCl, (**-44.56%**, **-19.83%**) lorsque nous avons irrigué par la solution chargée en Na₂SO₄ et de (**-27.75%**, **-2.82%**) si l'eau est chargée en NaCl+ Na₂SO₄.

D'une façon générale nous avons constaté, que la teneur en chlorophylle diminue avec l'augmentation de l'intensité du

stress conformément à ce que plusieurs auteurs ont démontré [chen et al., (1991), Glemen et Smith,(1993) et Walker et et al., (1991)].

CONCLUSION

Ce travail fait ressortir que le stress salin exerce, chez les deux variétés testées de tomate (Marmande et Saint-Pierre), un effet dépressif sur le paramètre biochimique étudié et ce différemment. Le degré d'affection dépend de l'intensité du stress et de la variété. En effet, nous avons montré que les teneurs en chlorophylles a, b et c sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de tomate à la salinité.

Références Bibliographiques :

- Benaceur M., Rahmoun C, Sdiri H., Medahi M., Selmi M, (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sècheresse*, 12 (3): 167-174.
- Belfakih M, Ibriz M, Zouahri A(2013): Effet de la salinité sur les paramètres morpho-physiologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata L*). *Journal of Applied Biosciences* 70:5652–5662
- Chen, C. T., Li, C. C. and Kao, C. H (1991): Senescence of rice leaves. XXXI changes of chlorophyll, protein and polyamine contents and ethylene production during senescence of a chlorophyll-deficient mutant. *J. Plant growth Reg*, 10, pp. 201-205.
- Djerroudi Z, Belkhouja M, Bissati S, Hadjadj S, (2010) : Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux espèces d'*Atriplex Halimus L.* et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt. ; *European Journal of Scientific Research*, pp.249-260.
- Glemen, M, Smith, F.A (1993): Gas exchange and chlorophyll content of “Trif blue” rabbitey and “Sharp blue” southern high bush. Blueberry exposed to salinity and supplemental calcium. *J. Amerc. Soc. Horti. Sci.* II, pp. 749-756.
- Grennan AK (2006): High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach; *Plant Physiology*, April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141.
- Jiang X, Polle A, (2005): *Populus euphratica* displays poplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress. *plant physiol.* vol 139, n°4, dec. 2005.
- Lepengue N, Mouaragadja I., Ibrahim B., Ake S., M'Batchi B (2012): Réponse du maïs (*Zea mais* var. LG 60) au stress salin : étude de la synthèse de quelques composés biochimiques, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 14, Issue 1: 1866-1872
- Munns. R; Brady C.J. et Brlow, EWR (2004): Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Aust. J. Plant Physiol.*, 6, pp. 379-389.
- Ottow E, Brinker M, Fritz E, Teichmann T , Kaiser W, Brosche M, Kangasjarvi J, Trinchant JC, Boscari A, Spennato G, Van de Sype G, Le Rudulier D (2004): Proline, betaine accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. *Exploring Its Compartmentalization in Nodules Plant Physiology*, Vol. 135, pp.1583-594.
- Walker, R. R., Sedgley, M., Blesing, M. A., Dauglas, T. J, (1984): Anatomy, ultra structure and assimilate concentrations of roots of citrus genotypes in ability for salt exclusion. *Journal of Experimental Botany*, n° 35, 159, (1984), pp.1481-1494.