



N° 22

13 JAN. 2015

Tunis le 30/11/2014

LETTRE D'ACCEPTATION

Chers auteurs : Souguir Dalila, El Ferjani Ezzeddine, Khouja Mohamed Larbi, et Hachicha Mohamed

J'ai le plaisir de vous informer que le comité scientifique des 17èmes Journées Scientifiques de l'INRGREF, tenues à Hammamet-Tunis, sur le thème: **«Gestion Durable des Ressources en Eaux et en Sols : Situation, Défis, et Perspectives (S.M.W.S.R)»**, du 19 au 20 Novembre 2013, a décidé, après avis favorables de deux lecteurs, d'accepter pour publication votre manuscrit intitulé **«Comportement d'Aloe vera face à la salinité : Production de MDA, de H₂O₂ et des composés phénoliques»**, présenté lors de ces journées.

Votre article est actuellement en cours d'édition et paraîtra sous format numérique dans le **numéro spécial des Annales de l'INRGREF (19, 2014)**, réservé aux Actes de ses Journées Scientifiques. Une copie sous format pdf vous sera envoyée ultérieurement.

Cordialement

Le rédacteur en chef de la revue

Ali Albouchi

Le Directeur de la revue,
Directeur Général de l'INRGREF

Habaieb Hamadi

Le Directeur Général
De l'Institut National de Recherches
En Génie Rural, Eaux et Forêts
Signature: Hamadi Habaieb



Comportement d'*Aloe vera* face à la salinité : Production de MDA, de H₂O₂ et des composés phénoliques

Dalila Souguir¹, Ezzeddine El Ferjani², Mohamed Larbi Khouja¹,
Mohamed Hachicha¹

¹ Institut National de Recherche en Génie Rural, Eau et Forêts (INRGRF). Rue Hédi Karray, Manzeh IV BP 10; 2080-Ariana, Tunisie.

² Laboratoire de Physiologie et Génétique des Plantes à Intérêt Agronomique, Faculté des Sciences de Bizerte, Université de Carthage, 7021-Jarzouna, Tunisie.

ملخص: سلوك الألويفيرا في مواجهة الملوحة: زيادة إنتاج MDA و H₂O₂ و المركبات الفينولية. يمكن للنباتات الطبية المساهمة في تميمين الأراضي والمياه المالحة. من بين هذه النباتات الألويفيرا التي عرفت بفوائدها المتعددة. في هذا السياق، تم غرس هذه النبتة في تربتين مختلفتين في ظروف محمية. اعتمد الري على استعمال مياه ذات ملوحة مختلفة: تركيز 1 (CE₁ = 3,5 dS/m ; C1)، و تركيز 2 (CE₂ = 12 dS/m ; C2) بالإضافة إلى شاهد (ماء الشرب، CE₀ = 1,25dS/m ; C0). يظهر توصيف التربة تراكماً أعلى للأملاح في التربة الطينية مقارنة بالرملية. هذا التغيير في الملوحة أدى إلى اضطرابات مورفولوجية على مستوى النباتات. إلى جانب الانخفاض في النمو، أدى وجود الملح في مياه الري إلى زيادة إنتاج MDA و H₂O₂ و المركبات الفينولية في أوراق الألويفيرا. **الكلمات المفتاحية:** ألويفيرا، تربة، الملوحة، H₂O₂، MDA، مركبات الفينولية.

Abstract: *Aloe vera* behavior against salinity: Increases in MDA, H₂O₂ and phenolic compound productions. The cultivation of medicinal plants might be an alternative to reclaim saline water and lands. Among these plants, *Aloe vera* is a plant known by its multiple benefits. In this context, plants were cultivated on two different soil textures and irrigated with saline water: C1 (CE₁ = 3,5dS/m), C2 (CE₂ = 12 dS/m) with a control C0 irrigated with a tap water (CE₀ = 1,25 dS/m).

Under controlled conditions, the soil characterization shows a higher accumulation of salts in the clay soil than sandy soil. In response to this soil salinity change, plants described morphological disturbances, reduced in growth. The presence of salt in the irrigation water has led to the installation of oxidative stress characterized by an increase in MDA, H₂O₂, and phenolic compound productions in *Aloe vera* leaves.

Keywords: *Aloe vera*, H₂O₂, MDA, salinity, soils, phenolic compounds.

Résumé : Les plantes médicinales peuvent contribuer aux alternatives pour la valorisation des eaux et des terres salées. Parmi ces plantes, l'*Aloe vera* est connue par ses bienfaits multiples. Dans ce sens, nous avons procédé à une expérimentation où l'*Aloe* a été planté sous abri sur deux sols de textures différentes (argileuse et sableuse) et irrigué avec des eaux salines : C1 (CE₁ = 3,5 dS/m) et C2 (CE₂ = 12 dS/m). Les plants témoins (C0) ont été irrigués à l'eau potable (CE₀ = 1,25 dS/m). La présence du sel dans l'eau d'irrigation a entraîné (i) une augmentation de la salinité des sols, plus importante dans

le sol argileux que sableux et (ii) l'installation d'un stress oxydant caractérisé par une production accentuée de MDA, de H₂O₂ et des composés phénoliques chez les plants traités.

Mots clés: *Aloe vera*, composés phénoliques, H₂O₂, MDA, salinité, sols.

1. INTRODUCTION

La salinisation des sols réduit déjà, ou menace à court terme une partie non négligeable des superficies cultivables du globe. Ce phénomène correspond à l'accumulation excessive des sels très solubles (chlorures, sulfates, carbonates, de sodium ou de magnésium) dans la partie superficielle des sols ce qui se traduit par une diminution de la fertilité des sols. En Tunisie, les sols affectés par la salinité couvrent environ 1,5 millions d'hectares, soit à peu près 10% de la surface de pays. On les rencontre dans l'ensemble de territoire mais c'est surtout dans le Centre et le Sud que l'aridité du climat cause leur extension (Hachicha, 2007). La faible pluviométrie ajoutée à la forte demande évaporatoire en été et à la forte salinité des eaux d'irrigation provoque souvent l'accumulation du sel au niveau du sol. Ce problème est encore aggravé dans certaines zones par l'effet cumulatif de la proximité de la nappe dont l'eau est souvent de qualité médiocre, l'absence d'un drainage adapté et une mauvaise gestion de l'irrigation provoquant la remontée de la nappe. L'augmentation de la teneur en sel des sols entraîne une toxicité pour les végétaux marquée par une diminution de la croissance (Wu *et al.*, 2013; Yildiztugay *et al.*, 2014). Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces). Ces modifications peuvent provoquer des perturbations multiples du métabolisme, de la croissance et du développement des plantes suite à la production des espèces réactives de l'oxygène (ROS) et la perte de l'intégrité membranaire. Pour faire face au stress, les plantes mobilisent leur système de défense enzymatique et non enzymatique tels que les composés phénoliques (Lepengue *et al.*, 2012; Mostofa *et al.*, 2014). Dans le but d'occuper les sols salés, des alternatives culturales peuvent être utilisées telles que les plantes médicinales et cosmétiques, dont on peut citer l'*Aloe vera* appréciée pour sa courte période de croissance et ses valeurs économiques et thérapeutiques (Jin *et al.*, 2007). Vu que la salinité accentue les effets de la sécheresse en limitant le prélèvement de l'eau par la plante, et étant une xérophYTE connue par sa tolérance au stress hydrique, l'*Aloe vera* a été testé sous conditions salines dans des pots contenant deux textures de sols (sableuse et argileuse) et irrigué, pendant 14 mois, par trois qualités d'eau (C0, C1 et C2).

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Dispositif expérimental et traitement salin : L'expérimentation a eu lieu sous un abri protégé de la pluie par du plastique. Des rejets d'*Aloe vera*

Réponses d'Aloe vera au stress salin.

issus des plantes mères et fournis par le laboratoire d'Ecologie et Amélioration Sylvo-Pastoral à l'INRGREF ont été planté en décembre 2010 dans deux types de sol : l'un limono-argileux provenant de la station expérimentale de Cherfech et l'autre sableux provenant de la station expérimentale de Sidi-Bouزيد. Le choix de ces deux provenances du sol revient au fait que deux plantations d'aloès en plein champs ont été effectuées, l'une dans la région de Kalaât Landelous dont la texture de ses sols ressemble à celle de Cherfech et l'autre dans la région de Sidi-Bouزيد. Le sol de Cherfech est constitué de 37% d'argile, 44% de limon et 17% du sable. Ceci le caractérise comme un sol limono-argileux (noté argileux) et fortement calcaire. Cependant, le sol de Sidi Bouزيد est un sol sableux et non calcaire. Les deux sols étudiés sont pauvres en matière organique (< 1%).

La plantation a eu lieu dans des pots en plastique de 12 cm de rayon. Chaque pot contient un lit de gravier de 2 cm de hauteur, une rondelle de filtre en géotextile permettant l'évacuation des eaux de drainage et 7 Kg de sol tamisé. Pendant la période d'adaptation à leur nouvel environnement (Décembre 2010 – Juin 2011), les plants d'*Aloe vera* ont été irrigués par l'eau potable (pH = 7,6 et $CE_0 = 1,25$ dS/m). Des mesures de la longueur des feuilles et un comptage de leur nombre ont été effectués juste après leur plantation. Une feuille est comptée quand sa longueur est de 4 cm.

L'application du stress salin a débuté en juin 2011 par un apport de sels (NaCl) dans l'eau d'irrigation. Les concentrations sont: C1 dont la $CE_1 = 3,5$ dS/m ($\approx 2,24$ g/l) et C2 dont la $CE_2 = 12$ dS/m ($\approx 7,68$ g/l). Le choix de concentrations en sel (C1 et C2) revient au fait que la conductivité électrique de l'eau de puits irriguant la parcelle de Sidi Bouزيد est de 3,5 dS/m et que les conditions de salinité du sol de Kalaât Landelous sont excessives ($CE_e > 16$ dS/ m). A côté des plants soumis au stress salin, d'autres témoins ont été irrigués par l'eau potable (C0). Pour l'expérimentation, 72 pots ont été répartis en équitable entre les deux textures de sols et les différents traitements. La fréquence des irrigations a varié selon la saison : 9 irrigations/mois pendant la période sèche et une irrigation/mois pendant la période froide. Au début de l'expérimentation (Juin 2011 - Mai 2012), la dose d'irrigation a été fixée à 1 L/pot (environ 22 mm). Depuis juin 2012, la dose a augmenté et chaque plant a reçu 2 L d'eau (environ 44 mm). La quantité d'eau supplémentaire est nécessaire pour assurer la croissance des plants et évacuer la quantité de sel en excès dans le sol.

2.2. Analyse minérale sur le sol : La composition minérale (Na, K, Ca et Mg) a été déterminée par spectrophotométrie de flamme en émission (Jenway, PFP7) et par spectrométrie d'absorption atomique (Perkin Elmer). Les chlorures ont été dosés par colorimétrie à l'aide d'un colorimètre (Büchler).

2.3. Dosage des lipoperoxydes membranaires (MDA) : La peroxydation lipidique est estimée en mesurant la concentration des produits de peroxydation réagissant à l'acide thiobarbiturique (TBA) selon la méthode

Réponses d'Aloe vera au stress salin.

de Heath et PacKer (1968). L'absorbance du surnageant obtenu après centrifugation est lue à 532 nm. La densité est par la suite déterminée par la soustraction de l'absorbance non spécifique mesurée à 600 nm.

2.4. Dosage de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) : La matière végétale fraîche est broyée dans une solution de TCA. Le broyat est ensuite centrifugé à 6000 g pendant 15 min à 4 °C. Un volume de surnageant est incubé en présence d'iodure de potassium (1M) additionné au 10 mM tampon phosphate (KH₂PO₄/K₂HPO₄ ; pH 7). La densité optique est déterminée à 390 nm (Sergiev *et al.*, 1997).

2.5. Dosage des phénols: La quantité des phénols est estimée selon la méthode de Swain et Hillis (1959). Le dosage repose sur l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu et l'absorbance est mesurée à 725 nm.

2.6. Analyse statistique : L'analyse statistique a été réalisée par Excel. Chaque donnée constitue la moyenne d'au moins 5 mesures. Les moyennes sont comparées à l'aide du test de Student au seuil de 5%.

3. RESULTATS

3.1. Salinité des sols et bilan ionique : Comparé à l'état initial du sol (argileux et sableux), 14 mois d'irrigation par l'eau saline (même celle du robinet) ont conduit à une augmentation de la salinité des sols étudiés. Cette augmentation est marquée par une modification de la composition ionique de la solution de sol (Figure 1). En effet, la composition cationique a décrit une hausse de différents éléments dosés avec une dominance de Na⁺ (Na⁺ >> Ca²⁺ > K⁺ > Mg²⁺) sur les deux types de sols (Figure 1 A, B). De même, la concentration des anions contenus dans les sols a augmenté et elle est dominée par SO₄²⁻ et Cl⁻ (Figure 1 C, D).

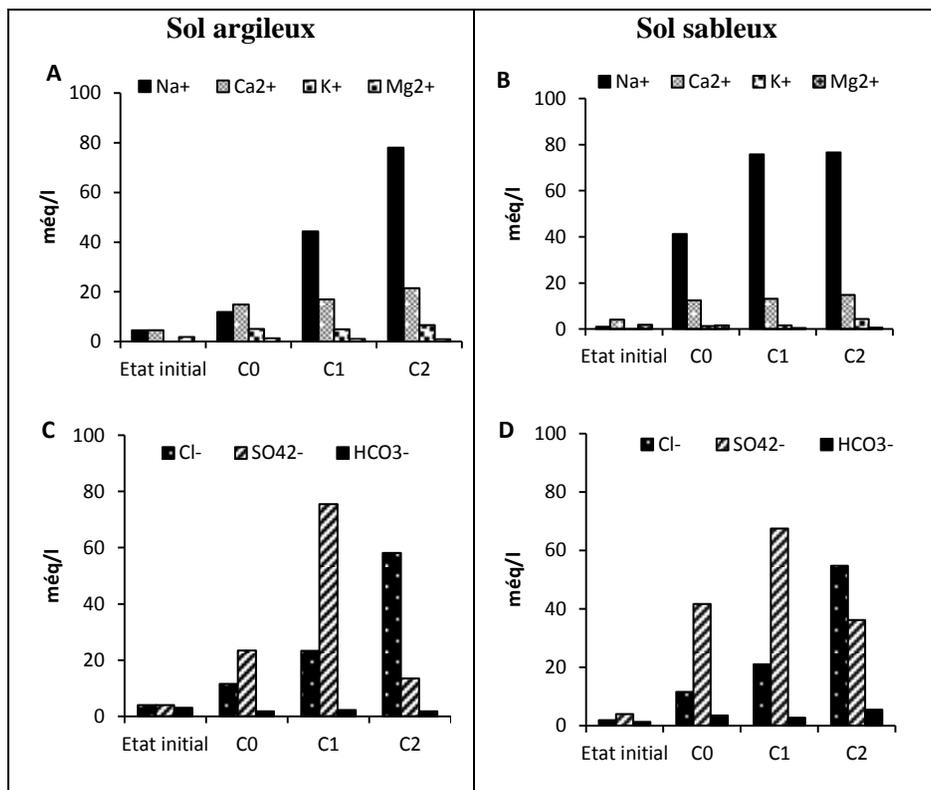


Figure 1: Evolution de la composition cationique (A, B) et anionique (C, D) des sols argileux et sableux suite à l'irrigation avec des eaux salines.

3.2. Effet de la salinité sur la morphologie des feuilles : Lors de la plantation d'*Aloe vera* (Décembre 2010), les plants contiennent en moyenne 5 feuilles. Ce nombre a augmenté avec le temps et s'est accompagné par un assèchement des feuilles les plus âgées surtout en présence de fortes concentrations de sels. Dans la figure 2 A, seul le nombre de feuilles vivantes a été représenté. Ce nombre a atteint en moyenne 14 feuilles/plant chez les aloès cultivés sur le sol argileux et n'a pas dépassé 10 feuilles/plant chez ceux cultivés sur le sol sableux. Après un traitement salin (C2), le nombre des feuilles a diminué et il est d'environ 8 et 6 feuilles/plant sur le sol argileux et sableux respectivement.

Concernant la longueur des feuilles, elle a été de 18 cm lors de la plantation (Figure 2 B). En août 2012, la longueur foliaire a augmenté pour atteindre en moyenne 30 cm pour les plants cultivés sur le sol argileux et 22 cm pour ceux du sol sableux (Figure 2 B). Un stress salin modéré (C1) n'a pas entraîné de modifications de la longueur foliaire mais un stress plus sévère (C2) a été à l'origine d'une diminution d'environ 30% de la longueur des feuilles sur les deux types de sols.

Réponses d'*Aloe vera* au stress salin.

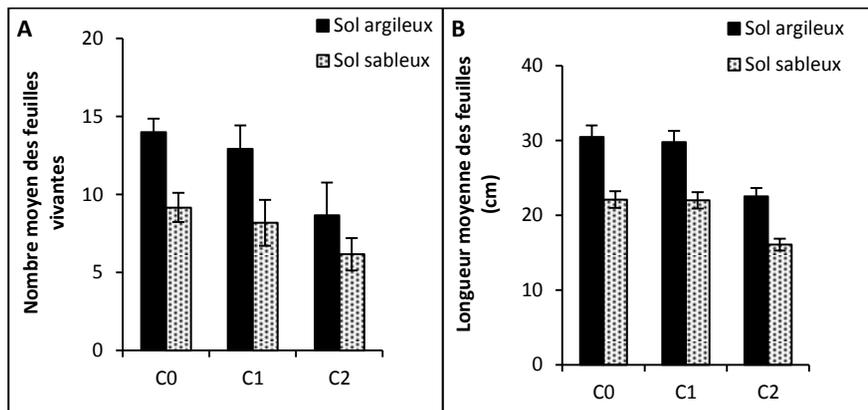


Figure 2: Nombre (A) et longueur (B) des feuilles d'*Aloe vera* planté sur sol sableux et argileux et irrigué par des eaux salines (Août 2012).

En plus de la diminution de la croissance foliaire, d'autres modifications morphologiques ont été observées telles qu'un changement de la couleur et un enroulement des feuilles des plants irrigués par des eaux salines (Figure 3 A). Ces modifications ont été plus remarquables chez les plants soumis à un stress sévère (Figure 3 B).

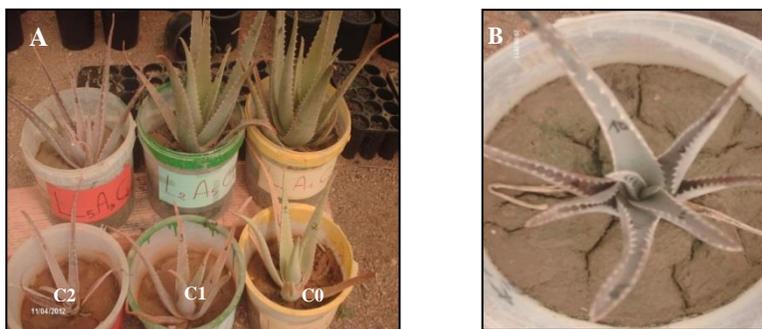


Figure 3: Effets de l'irrigation par des eaux salines (C0, C1, C2) sur des plants d'*Aloe vera* cultivés sur des sols argileux et sableux. A : changement de la couleur des feuilles, B : Enroulement des feuilles des plants cultivés sur un sol argileux et irrigués par des eaux très salines (C2).

2.3. Effet de la salinité sur la production de MDA, de H_2O_2 et des composés phénoliques : Les effets de l'irrigation par des eaux salines sur la production de MDA, de H_2O_2 et des composés phénoliques sont décrits dans la figure 4. La teneur en malondialdéhyde issu de la dégradation des acides gras polyinsaturés de la membrane plasmique a été déterminée en utilisant l'acide thiobarbiturique. L'accumulation du MDA au niveau foliaire a été

Réponses d'*Aloe vera* au stress salin.

mesurée en août 2012 dans les deux types et les résultats ont montré une variation de leur teneur selon la qualité de l'eau d'irrigation et la texture du sol (Figure 4 A). En effet, une eau de salinité moyenne (C1) a été à l'origine d'une hausse de la production de MDA d'environ 166% dans les feuilles du sol argileux et 55% dans celles de sol sableux comparé aux témoins. Une eau de salinité plus forte (C2) a induit une augmentation plus importante de MDA. Cette augmentation est d'environ 477% sur le sol argileux et 136% sur le sol sableux. Quelle que soit la texture du sol, une corrélation positive a été démontrée entre la concentration de l'eau d'irrigation en sels et la production de MDA ($r = 0,98 ; p < 0,05$).

De même, le dosage de H_2O_2 a révélé une augmentation de ses teneurs suite à des irrigations par des eaux salines (Figure 4 B). Comme pour le MDA, la production de peroxyde d'hydrogène a varié selon la texture du sol et elle est dose-dépendante. En effet, la production de ce métabolite s'accroît en augmentant la concentration du sel dans l'eau d'irrigation pour atteindre une hausse de 150 % par rapport au témoin pour les deux sols.

Concernant les composés phénoliques, l'apport de sel a entraîné une augmentation nette de leurs teneurs au niveau des feuilles d'*aloès* cultivés sur les deux types de sols (Figure 4 C). L'augmentation est significative ($p < 0,05$) en présence de la plus forte concentration de sels et elle est 2 fois celle du témoin quel que soit le type de sol.

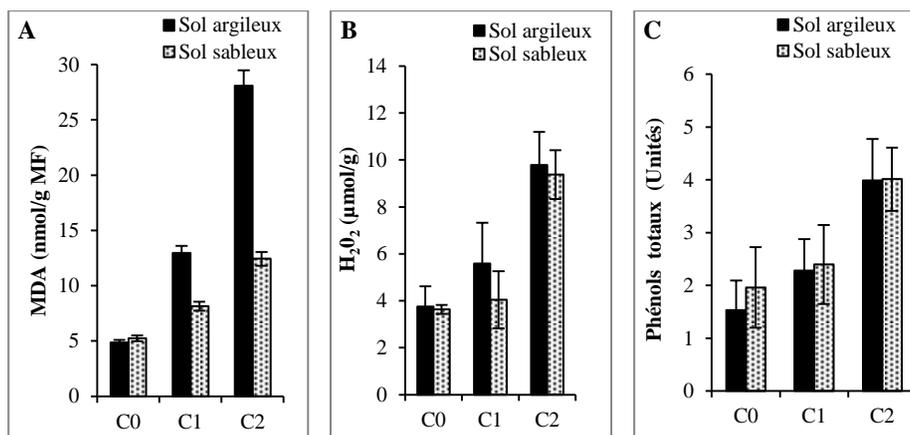


Figure 4: Effets de l'irrigation par des eaux salines (C0, C1, C2) sur la production de malondialdéhyde (MDA) (A), de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (B) et des composés phénoliques (C) dans les feuilles d'*Aloe vera* soumis à un stress salin (Août 2012).

4. DISCUSSION

Apprécié par sa courte période de croissance et ses vertus innombrables, l'*Aloe vera* peut constituer une des alternatives de valorisation des sols et des eaux affectés par les sels. Pour cette raison, le comportement de cette plante

Réponses d'Aloe vera au stress salin.

médicinale face à la salinité a été étudié dans ce présent travail. Depuis juin 2011, une expérimentation en pots a été mise en œuvre sur l'*Aloe vera* irrigué par des eaux salines. Les sols initialement faiblement salins ont montré une augmentation de leur salinité. Cette augmentation a été marquée par une présence importante des ions Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-} dans les solutions des sols étudiés. L'irrigation avec de fortes concentrations de sels a été à l'origine d'une diminution du nombre et de la longueur des feuilles d'*Aloe vera*. Plusieurs travaux ont étudié les effets du sel sur quelques paramètres de croissance. Ainsi, il a été observé une réduction de la longueur et du nombre des feuilles, des matières fraîche et sèche, de la ramification et du diamètre des plusieurs espèces végétales (Daas-Ghrib, 2011; Misra *et al.*, 2014; Panuccio *et al.*, 2014).

L'endommagement probable des membranes plasmiques et la diminution de leurs intégrités ont été déterminés par une mesure des lipoperoxydes membranaires représentés majoritairement par le malondialdéhyde (MDA). L'accumulation de ce métabolite a été notée en augmentant la quantité de sels dans l'eau d'irrigation. Cette accumulation est plus importante sur le sol argileux que sableux. Une importante peroxydation lipidique dans les organes qui accumulent plus de sel a été démontrée par plusieurs auteurs suite à un stress salin (Karray *et al.*, 2009; Navarroa *et al.*, 2014; Murad *et al.*, 2014). La production de MDA a été aussi mise en évidence suite à d'autres types de stress tels qu'un stress métallique (Souguir *et al.*, 2011; Habiba *et al.*, 2014; Gill *et al.*, 2015) et hydrique (Liu *et al.*, 2014).

L'accumulation de MDA semble être accompagnée par une augmentation de la production de peroxyde d'hydrogène. La production de H_2O_2 a varié selon la texture du sol et elle s'est accentuée en augmentant la concentration du sel. Le H_2O_2 peut jouer le rôle d'une molécule signal qui alerte la cellule de la présence d'un stress environnemental. Selon Souguir *et al.*, (2011), cette molécule peut fonctionner comme un messenger secondaire à des faibles concentrations mais il devient toxique à fortes concentrations. Il peut provenir de la réaction de dismutation de l'anion superoxyde par la SOD ou de l'altération du transport d'électrons dans les chaînes photosynthétiques et respiratoires (Dixit *et al.*, 2001; Gomes-Junior *et al.*, 2006; Mishra *et al.*, 2006). Rodriguez-Serrano *et al.* (2006) ont signalé que la production accrue des espèces réactives de l'oxygène dépend du changement de la concentration intracellulaire de Ca^{2+} et de l'activité des peroxydases.

Pour faire face au stress oxydant, la plante met en œuvre un système de défense enzymatique tel que la superoxyde dismutase, la catalase,.. et non enzymatique tel que l'ascorbate et le glutathion. Les composés phénoliques jouent aussi le rôle d'antioxydants lors du stress (Blasco *et al.*, 2013; Mostofa *et al.*, 2014). Dans les parties foliaires d'*Aloe vera*, nous avons montré une accumulation de ces composés. Ceux-ci interviennent dans la biosynthèse de plusieurs produits (la lignine, la subérine et les flavonoïdes) qui augmentent la rigidité de la paroi cellulaire en présence du stress (Booker *et al.*, 1996; Quiroga, 2000).

5. CONCLUSION

Malgré les symptômes de toxicité qui ont marqué les feuilles d'*Aloe vera*, cette plante CAM reconnue par sa forte adaptation à la sécheresse, a pu résister à une salinité élevée (C2) mais avec une faible croissance de ses feuilles. Toutefois, l'importance économique et thérapeutique de cette plante réside dans ses feuilles renfermant un gel très riche en sucres solubles, anthraquinones, polysaccharides, acides aminés, vitamines et protéines (Chun-hui *et al.*, 2007). Des études supplémentaires focalisées sur la composition biochimique du gel de cette plante sont envisagés dans le but d'accueillir plus de connaissances sur l'intérêt de l'occupation des sols salins par cette culture.

REMERCIEMENTS

Le travail s'inscrit dans le projet national PISEAU II « Gestion des eaux salées par les petits agriculteurs de la Tunisie Septentrionale » et le projet bilatéral INRGREF/ASCAD « Transfert des techniques d'utilisation des eaux salées aux petits agriculteurs ».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blasco B., Leyva R., Romero L., Ruiz J.M., 2013 - Iodine effects on phenolic metabolism in lettuce plants under salt stress. *J. Agric. Food Chem.*, **61**, 2591-2596.
- Booker F., Antonnen S., Heagle A.S., 1996 - Catechin and lignin contents of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) needles after chronic exposure to ozone. *New Phytol.*, **132**, 438-492.
- Chun-hui L., Chang-hai W., Zhi-liang X., Yi W., 2007 - Isolation, chemical characterization and antioxidant activities of two polysaccharides from the gel and the skin of *Aloe barbadensis* Miller irrigated with sea water. *Process Biochem.*, **42**, 961-970.
- Daas-Ghrib C., Gharbi F., Kchaou R., Rejeb S., Hanchi B., Rejeb M.N., 2011 - Salinité et nutrition minérale chez deux espèces d'eucalyptus. *E.J.S.R.*, **2**, 315-320.
- Dixit V., Pandey V., Shyam R., 2001 - Differential oxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. Cv. Azad). *J. Exp. Bot.*, **52**, 1101-1109.
- Gill R.A., Zang L., Ali B., Farooq M.A., Cui P., Yang S., Ali S., Zhou W., 2015 - Chromium-induced physio-chemical and ultrastructural changes in four cultivars of *Brassica napus* L.. *Chemosphere*, **120**, 154-16
- Gomes-Junior R.A., Moldes C.A., Delite F.S., Pompeu G.B., Gratão P.L., Mazzafera P., Lea P.J., Azevedo R.A., 2006 - Antioxidant metabolism of coffee cell suspension cultures in response to cadmium. *Chemosphere*, **65**, 1330-1337.

Réponses d'*Aloe vera* au stress salin.

- Habiba U., Ali S., Farid M., Shakoob M.B., Rizwan M., Ibrahim M., Abbasi G.H., Hayat T., Ali B., 2014 - EDTA enhanced plant growth, antioxidant defense system, and phytoextraction of copper by *Brassica napus* L. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, DOI 10.1007/s11356-014-3431-5.
- Hachicha M., 2007 - Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. *Sécheresse*, **18**, 45-50.
- Heath R.L., Packer L., 1968 - Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Bioophys.*, **125**, 189-198.
- Jin Z., Wang C., Liu Z., Gong W., 2007 - Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and sea water irrigation. *Process Bioch.*, **42**, 710-714.
- Karray N., Harbaoui F., Attia H., Msilini N., Rebhi M., Lachaal M., 2009 - Effet du sel sur la croissance, les teneurs ioniques et les enzymes antioxydantes chez le carthame. *Ann. I.N.R.G.R.E.F.*, **14**, 39-44.
- Lepengue A.N., Mouaragadja I., Ake S., M'Batchi B., 2012 - Quelques aspects biochimiques de la réaction de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) au stress salin. *J. Appl. Biosci.*, **49**, 3452-3458.
- Liu D., Liu Y., Rao J., Wang G., Li H., Ge F., Chen C., 2013 - Overexpression of the glutathione S-transferase gene from *Pyrus pyrifolia* fruit improves tolerance to abiotic stress in transgenic tobacco plants. *Mol. Biol. (Mosk)*, **47**, 591-601.
- Mishra S., Srivastava S., Tripathi R.D., Govindarajan R., Kuriakose S.V., Prasad, M.N.V., 2006 - Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiol. Bioch.*, **44**, 25-37.
- Misra N., Misra R., Mariam A., Yusuf K., Yusuf L., 2014 - Salicylic Acid alters antioxidant and phenolics metabolism in *Catharanthus roseus* grown under salinity stress. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.*, **11**, 118-125.
- Mostofa, M.G., Hossain, M.A., Fujita F., 2014 - Trehalose pretreatment induces salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings: oxidative damage and co-induction of antioxidant defense and glyoxalase systems. *Protoplasma*, DOI 10.1007/s00709-014-0691-3.
- Murad A.M., Molinari H.B.C., Magalhaes B.S., Franco A.C., Takahashi F.S.C., De Oliveira-Junior N.G., Franco O.L., Quirino B.F., 2014 - Physiological and Proteomic Analyses of *Saccharum* spp. Grown under Salt Stress. *PLOS One*, **9**, 1-12.
- Navarro J.M., Torneroa O.P., Morte A., 2014 - Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi depends on the rootstock salt tolerance. *J. Plant Physiol.*, **171**, 76-85.
- Panuccio M.R., Jacobsen S.E., Akhtar S.S., Muscolo A., 2014 - Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB Plants*, **6**, 1-18.
- Quiroga G., Guerrero C., Botella A.M.A., Barcelo A., Amaya I., Medina M.I., Alonso F.J., Forchetti M.S., Tigier H., Valpuesta V., 2000 - A tomato

Réponses d'Aloe vera au stress salin.

peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. *Plant Physiol.*, **122**, 1119-1127.

Rodriguez-Serrano M., Romero-Puertas M.C., Zabalza A., Corpas F.J., Gomez M., Del Rio L.A., Sandalio L.M., 2006 - Cadmium effect on oxidative metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) roots. Imaging of reactive oxygen species and nitric oxide accumulation *in vivo*. *Plant Cell Environ.*, **29**, 1532-1544.

Sergiev I., Alexieva V., Karnov E., 1997 - Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. *Compt. Rendus Acad. Bulg. Sci.*, **51**, 121-124.

Souguir D., Ferjani E., Ledoigt G., Goupil P., 2011 - Sequential effects of cadmium on genotoxicity and lipoperoxidation in *Vicia faba* roots. *Ecotoxicology*, **20**, 329-336.

Swain T., Hillis W.E., 1959 - The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituent. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 418-425.

Wu, G.K., Liang N., Feng R.J., Zhang J.J., 2013 - Evaluation of salinity tolerance in seedlings of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars using proline, soluble sugars and cation accumulation criteria. *Acta Physiol. Plant*, **35**, 2665-2674.

Yildiztugay E., Konakci C.O., Kucukoduk M., 2014 - The role of antioxidant responses on the tolerance range of extreme halophyte *Salsola crassa* grown under toxic salt concentrations. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **110**, 21-30.