
Soumis le : 07 Mars 2012

Forme révisée acceptée le : 22 Mai 2012

Email de l'auteur correspondant :

daroui2_ma@hotmail.fr

Effet de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du *Washingtonia filifera* L.

EL Arbi DAROUI^a, Azzouz BOUKROUTE^a, Nour- Eddine KOUDDANE^a,

Abdelbasset BERRICHI^a

^aLaboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Université Mohamed Premier, Bd Med VI, BP 717 60.000 Oujda Maroc

Résumé

Le présent travail se propose d'étudier l'effet de la salinité (NaCl : 0 ; 1 ; 3; et 5 g.l⁻¹) sur la germination et la croissance *in vitro* du *Washingtonia filifera*. L'essai a été installé dans une chambre de culture à 27°C et à 16 h de lumière. Les graines ont été ensemencées dans des tubes à essai sur un milieu gélosé (agar-agar : 7 g.l⁻¹). La germination des graines, l'émergence de l'axe de l'épicotyle, la hauteur de l'épicotyle, la longueur de la racine principale et les biomasses aérienne, racinaire et totale ont été étudiés. Les résultats obtenus montrent que le stress salin a exercé des effets statistiquement significatifs uniquement sur la hauteur de l'épicotyle, la longueur de la racine principale et les biomasses aérienne, racinaire et totale, ce qui montre que le *W. filifera* est une espèce plus tolérante à la salinité, au stade germinatif qu'au stade plantule.

Mots-clés : Stress salin, germination, croissance, *in vitro*, *Washingtonia filifera* L.

Abstract

In vitro, the effect of salinity (NaCl) on the germination and growth of *Washingtonia filifera* were studied, in a growth chamber at controlled temperature and photoperiod. The seeds were sown in a solid medium (agar-agar : 7g.l⁻¹) containing NaCl (0; 1; 3; and 5g.l⁻¹). Germination (%), emergence of the stem axis, height of the stem, length of the principal root and stem, root and total biomass were evaluated. The results showed that salt stress exerted statistically significant effects only on the height of the stem, length of the principal root and stem, root and total biomass, indicating that the *W. filifera* is a plant more tolerant to salinity at germination stage as the seedling stage.

Key words : Salt stress, germination, growth, *in vitro*, *Washingtonia filifera* L.

1. Introduction

Les sels agissent sur la germination des graines en réduisant leur faculté et/ou leur énergie germinative [1, 2]. L'étude de la germination, sous contrainte saline, est révélatrice d'un potentiel génétique de tolérance des espèces et des variétés, au moins à ce stade physiologique [3, 4].

La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination [5] ou à celle du développement [6]. La germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés [7].

La culture *in vitro* a pris une importance croissante dans les programmes d'amélioration des plantes pour la sélection de génotypes tolérants à la salinité [8]. Cette

technique constitue un test précoce et rapide pour évaluer et caractériser le comportement des espèces végétales face à la contrainte saline [9].

La réponse des graines à la salinité est un indicateur de la tolérance de la plante, durant les étapes postérieures de développement [10].

Le premier impératif d'une culture satisfaisante consiste en son implantation convenable et donc la réussite de la phase de germination et celle de toute la période végétative. En effet, la germination est considérée comme un stade critique dans le cycle de développement des végétaux [11]. C'est elle qui conditionne l'installation de la plante autotrophe et probablement sa production ultérieure [12].

Dans la ville d'Oujda, la plantation des *Washingtonia* a connu un développement important ces dernières années. Actuellement le nombre de pieds plantés est de 2550. Les

principales espèces rencontrées sont le '*Washingtonia filifera*' et le '*Washingtonia robusta*', en plus de leur prix élevé (400 à 500 DH le mètre linéaire du stipe), la culture du *Washingtonia* connaît des problèmes phytosanitaires telle l'attaque des plantules par des araignées rouges et des cochenilles.

Le *Washingtonia filifera* (Linden ex André) H. Wendl.) [13] est une espèce de palmiers appartenant au genre *Washingtonia* et à la famille des *Arecaceae* [14]. Très cultivée en dehors de son habitat naturel, notamment dans les pays tempérés, pour sa bonne résistance au froid qui avoisine les $-10^{\circ}/-12^{\circ}\text{C}$. Elle a de plus une croissance très rapide et est souvent plantée dans les villes et dans les jardins pour sa valeur ornementale.

L'objectif de notre recherche est d'étudier l'effet du stress salin (NaCl) sur la germination, et la croissance *in vitro* de *Washingtonia filifera* L., afin de comprendre la variabilité de la germination des graines de cette espèce face à cette contrainte abiotique et d'élaborer une classification de seuil de tolérance à la salinité, critère important pour les aménagistes et les pépiniéristes dans le choix des espèces à retenir dans un programme de mise en valeur paysagère des zones salines de la région orientale du Maroc.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal de départ utilisé dans ce travail correspond à des graines mûres du *Washingtonia filifera* qui ont été récoltées en décembre 2009, à partir d'arbres adultes se trouvant au parc Lalla Aïcha de la ville d'Oujda -Maroc oriental.

2.2. Milieu et conditions de culture

Le milieu de culture a base d'agar-agar (7g.l^{-1}) et de l'eau distillée contient différentes concentrations en NaCl. La stérilisation a été réalisée dans un autoclave à 120°C durant 120 min pour la verrerie (tubes à essai, boîtes de pétri, béciers et éprouvettes) et 20 min pour les milieux de culture.

Les graines ont ensuite subi un prétraitement de choc dans l'eau bouillante. Après 48 heures les graines ayant décantées et donc supposées viables ont été récupérées [15].

La désinfection consiste à faire tremper les graines pendant 5 min dans l'eau de javel (12°) diluée à 30% suivie de trois rinçages durant 5, 10 et 15 min, avec de l'eau distillée stérile autoclavée. Les graines stériles sont ensuite placées une à une dans des tubes à essais en verre de capacité total de 75ml et de dimension de $25 \times 2,2$ (L x Ø extérieur en cm), contenant 25 ml de milieu de culture

gélifié (agar-agar 7g.l^{-1}) puis sont hermétiquement fermés avec des morceaux du papier aluminium stérile et un scotch en papier (19mm) et maintenues dans une chambre de culture contrôlée sous une intensité lumineuse de 2500 Lux fournie par des tubes néons de 36W, sous une photopériode de 16 h par cycle de 24 h. La température autour des tubes a été maintenue à $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en blocs aléatoires complets. Il comprend quatre concentrations de NaCl (0 ; 1 ; 3 et 5g.l^{-1}) (ces concentrations se rapprochent des taux de salinité des sols et de l'eau d'irrigation des régions salines du Maroc oriental), réparties d'une façon aléatoire et menées en trois répétitions et chaque répétition a été présentée par 15 graines. Pour chaque concentration de milieu, 60 graines ont été semées. Les graines germées et celles qui ont développé l'axe de l'épicotyle ont été dénombrées deux fois par semaines, une graine est considérée germée lorsqu'elle émet une radicule (radicule mesurant 1mm de longueur) [16]. Après huit semaines de culture, les paramètres morphologiques suivants ont été mesurés : la hauteur finale de l'épicotyle (cm), la longueur finale de la racine principale (en cm), et les biomasses : aérienne, racinaire et totale (en mg de matière sèche, pesées après séparation des organes (racines et parties aériennes), et séchage dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant (les pesées ont été effectuées deux fois par jour jusqu'à poids constant grâce à une balance de précision, et sont exprimées en mg).

2.4. Analyses statistiques

Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance à un seul facteur, et les moyennes sont comparées selon la méthode de Bonferonni, basée sur la plus petite différence significative à l'aide du logiciel SPSS 11.5. De même des corrélations ont été déterminées entre chacun des paramètres retenus et les concentrations de NaCl du milieu de culture.

La présence de la même lettre sur les barres d'écarts types indique l'absence de différence significative au seuil d'erreur 5% entre les valeurs correspondantes.

3. Résultats

L'examen des résultats mentionnés dans la figure (1A) montre que les graines du *W. filifera*, sous les différentes concentrations de sel ont presque le même temps de latence qui est de trois semaines. L'intervalle de germination est compris entre trois semaines pour le témoin et quatre semaines pour la concentration de 5g.l^{-1} .

En augmentant la concentration de NaCl, le taux de germination diminue légèrement en passant de 98 chez les graines témoins à 78% chez les graines soumises à NaCl 5 g.l⁻¹, soit une réduction de 20 %. L'émergence de l'axe de l'épicotyle n'a pas été observée chez toutes les graines ayant germé à l'exception du témoin et de la concentration de 1 g.l⁻¹ de NaCl. Elle diminue quand on augmente la concentration de NaCl du milieu de culture (Fig 1B). Cette réduction a atteint 18,37% à la concentration de 5 g/l par rapport au témoin et sans signification statistique ($p > 0,05$).

L'effet de la salinité a été significatif ($p < 0,05$) sur la hauteur de l'épicotyle et la longueur de la racine (Fig.2). Au fur et à mesure que la concentration de sel augmente la hauteur de l'épicotyle diminue en passant de 3,55 à 2,86 cm respectivement pour le témoin et la concentration de 5 g.l⁻¹ soit une réduction de 19,44% par rapport au témoin.

Alors que chez les mêmes niveaux de stress salin la longueur de la racine passe de 5,51 à 8,16 cm respectivement pour le témoin et la concentration de 5 g.l⁻¹ soit une augmentation de 48,09% par rapport au témoin (Fig. 1C).

Au niveau de la production des biomasses aériennes et racinaires, l'analyse statistique a révélé un effet significatif du sel ($p < 0,05$). Ainsi, les concentrations élevées du NaCl entraînent une diminution du poids sec des parties aériennes et améliorent celui des racines (Fig. 1D).

Ainsi, en augmentant la concentration de NaCl, la biomasse aérienne passe de 42 à 26,66 mg de matière sèche respectivement pour le témoin et la concentration de 5 g.l⁻¹ soit une réduction de 36,5% par rapport au témoin ; la matière sèche racinaire passe de 8,76 à 12,5 mg correspondant à une augmentation de 42,61% par rapport au témoin; pour la production de matière sèche totale, elle est passée de 50,76 à 39,16 mg soit une réduction de 22,85% par rapport au témoin (Fig. 1D).

Les corrélations entre, d'une part, le taux de germination, l'émergence de l'axe de l'épicotyle, la croissance végétative et la biomasse des jeunes plantules et d'autre part, les différentes concentrations de NaCl sont rapportées dans la figure 3.

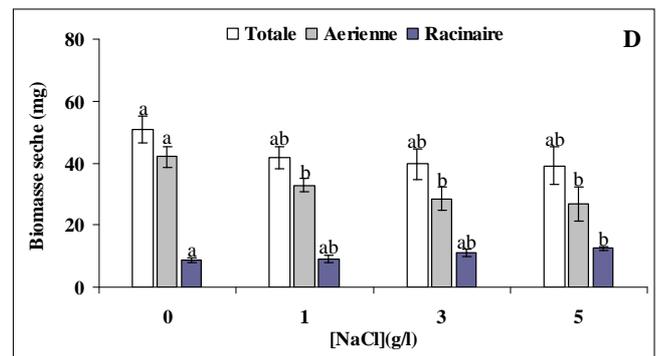
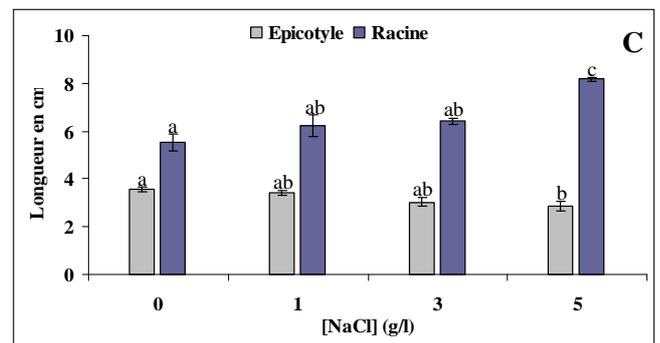
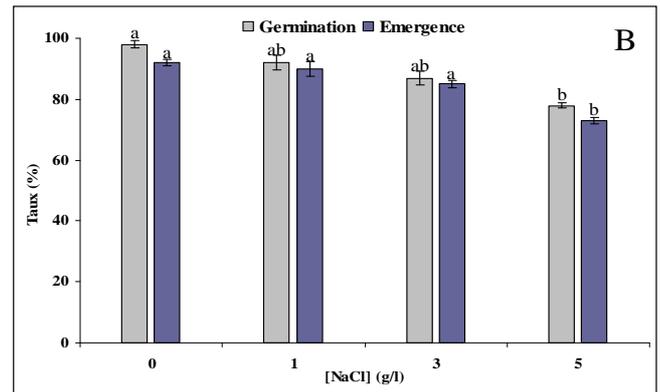
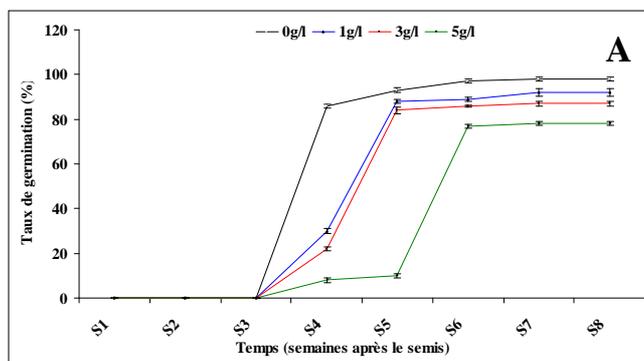


Fig.1. Effet du chlorure de sodium sur la germination et sur les paramètres de croissance des jeunes plantules du *Washingtonia filifera* : Evolution de la germination en fonction du temps (A). Capacité de germination et taux d'émergence de l'axe de l'épicotyle (B). Hauteur d'épicotyle et longueur de la racine principale (C). Biomasse totale, biomasse aérienne et biomasse racinaire (D).



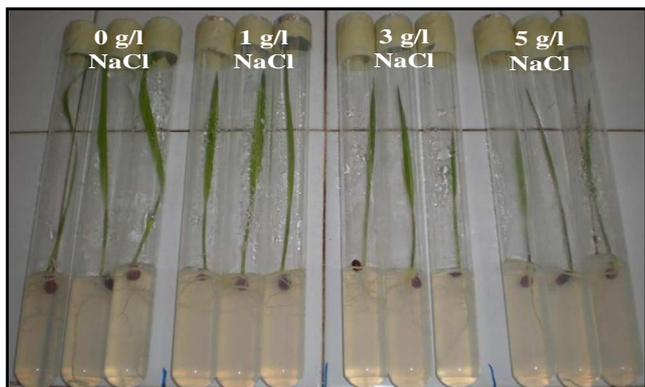


Fig.2. Jeune plante de 8 semaines provenant de la germination *in vitro* des graines du *Washingtonia filifera*.

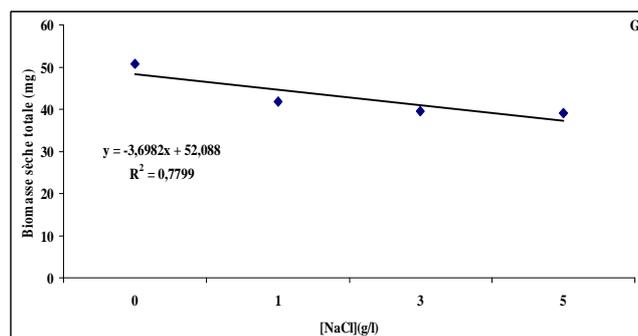
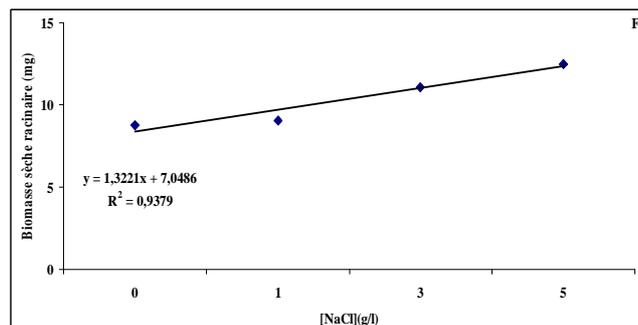
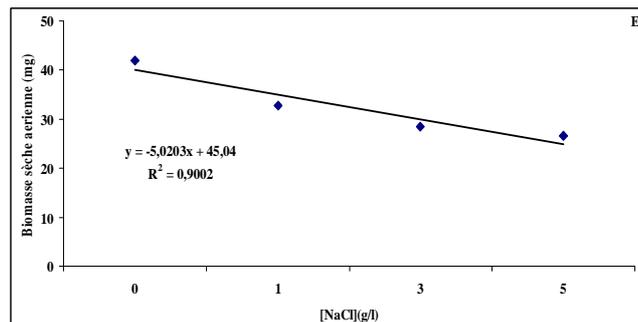
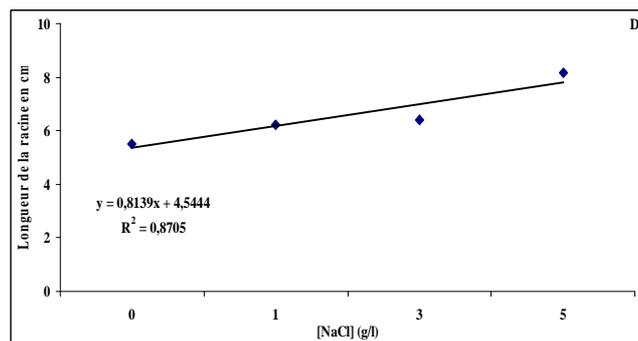
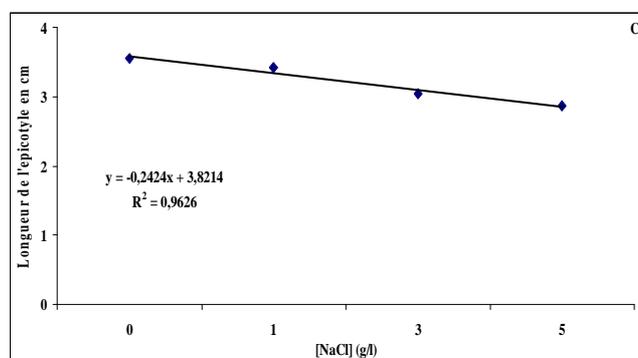
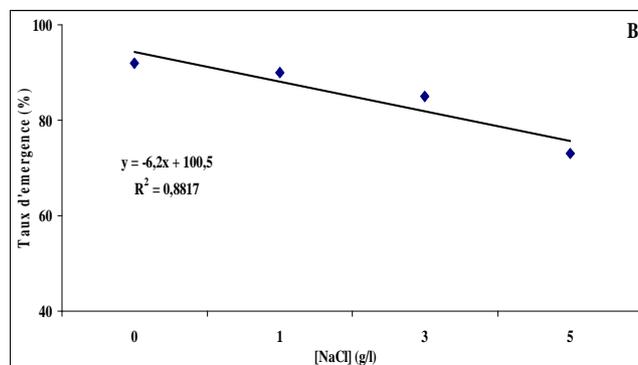
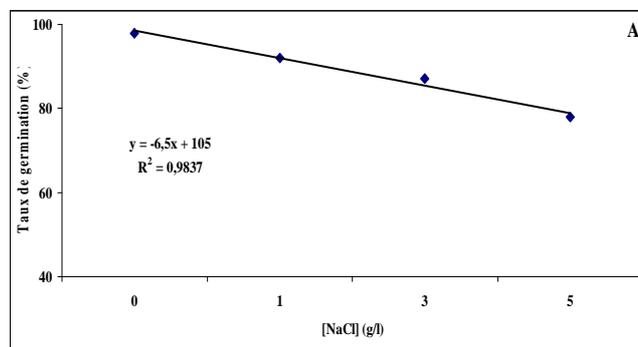


Fig.3. Corrélation entre le taux de germination, les paramètres de croissance et les concentrations de NaCl

4. Discussion

Les résultats obtenus dans cet essai mené *in vitro*, montrent que les graines de *W. filifera* arrivent à germer en présence d'une contrainte saline. Dans une étude

similaire, Reda Tazi et al. [17] ont signalé chez l'arganier une différence significative pour la germination entre le témoin et les amandes semées à des concentrations de 7 et 9 g.l⁻¹ de sel; il en est de même, dans cette étude pour l'émergence de l'axe de l'épicotyle.

L'étude effectuée montre aussi que le NaCl ralentit la vitesse de germination des graines du *W. filifera* étudiées et diminue leur capacité germinative. Nos résultats rappellent ceux de Boulghalagh et al. [18], qui ont noté sur le Jojoba une réduction du taux et de la vitesse de germination des graines *in vitro* en additionnant du NaCl dans le milieu de culture. Les perturbations observées pourraient être expliquées par une diminution du potentiel osmotique du milieu suite à l'ajout du sel [19].

L'augmentation de la concentration de NaCl dans le milieu de culture a provoqué chez les graines de *W. filifera*, un allongement de la période de germination allant de 3 semaines pour la concentration 1g.l⁻¹ NaCl jusqu'à 5 semaines pour la concentration 5g.l⁻¹ NaCl. D'après Ben Miled et al. [20], ce retard s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique.

Selon Prado et al. [21], la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales.

En plus de la réduction du taux de germination, le sel retarde également la germination et ralentit sa vitesse. Ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine [22]. Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines [23].

Les tests de germination des graines peuvent fournir une analyse rapide de réponse à la salinité mais doivent être interprétés avec prudence. Un taux élevé de germination sous l'effet du stress salin n'est pas forcément corrélé avec la tolérance à la salinité à des étapes de développement plus tardives [24, 25]. La germination est une phase qui nécessite un minimum d'eau pour se déclencher. Ainsi, dans notre essai, les effets de la salinité n'apparaissent qu'après l'émergence de l'axe de l'épicotyle.

Le résultat de la croissance indique que la salinité a affecté négativement la croissance de l'appareil végétatif du *W. filifera* comparativement à celle des racines. Des effets similaires ont été remarqués sur la croissance des plantules de pistachier soumises à un stress salin en conditions *in vitro* [26].

Les mêmes effets ont été observés sur les plantules d'arganier (Reda Tazi et al.) [17] en conditions contrôlées de stress salin. Nos résultats sont en concordance avec les travaux de Benzioni et al. [27] et Boulghalagh et al. [18] où le Jojoba a réagi par une réduction de sa partie aérienne en réponse au stress salin.

Les mêmes résultats ont aussi été obtenus chez d'autres espèces fruitières : palmier dattier [28], agrumes [29]. Cette diminution de la croissance est le résultat au niveau cellulaire d'une baisse du nombre de divisions cellulaires lors des stress abiotiques (stress salin et hydrique).

La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantules peut aussi s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel [26, 30]. De même, Liu et al. [31] ont rapporté qu'une baisse de la quantité de cytokinines a été enregistrée chez *Pinus sylvestris*, *Pinus koraiensis* et *Abies holophylla* soumis à un stress salin.

Concernant la production des biomasses, l'analyse statistique a révélé un effet significatif du stress salin. Ainsi, la présence de NaCl dans le milieu de culture provoque une réduction des poids sec des parties aériennes alors qu'il améliore ceux des racines. Selon Zhu [32], la réduction de croissance de l'appareil végétatif aérien est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

Nous avons noté que la biomasse aérienne du *W. filifera* est plus affectée par la salinité que la partie racinaire. Ce résultat est en accord avec Reda Tazi et al. [17] sur l'arganier, et en désaccord avec Boulghalagh et al. [18] qui ont rapporté l'inverse sur le Jojoba.

D'un autre côté, la présence du sel dans le milieu de culture a conduit à une stimulation de la production de la matière sèche des racines du *W. filifera*.

Une réponse analogue a été signalée chez d'autres plantes tolérantes au sel [26, 33]. Ces plantes protègent leurs organes aériens contre l'envahissement des ions toxiques (Na⁺ et Cl⁻) par une rétention de ceux-ci dans les racines [34]. D'autre part, Bouraoui et al. [35] montrent que la demande énergétique de la croissance des racines chez le triticale est augmentée en milieu salé. Ils précisent que le passage des cellules du stade de division au stade d'élongation s'accompagne d'une modification du métabolisme respiratoire.

La corrélation élevée et négative obtenue entre la majorité des paramètres retenus et les concentrations de NaCl du milieu de culture montre que toute augmentation de la salinité engendre une réduction de la croissance des jeunes plantules du *W. filifera* et vice versa, à l'exception

de la longueur de la racine et de la biomasse sèche racinaire qui ont augmentées avec l'augmentation de la concentration du NaCl.

La tolérance du *W. filifera* à la salinité semble se limiter au stade germination et émergence. Durant le stade préliminaire de croissance, le stress salin a affecté tous les paramètres considérés dans cette étude. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Boulghalagh et al. [18] sur le jojoba et Benmahioul et al. [26] sur le pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.).

5. Conclusion

Selon les résultats obtenus, *in vitro*, les graines du *Washingtonia filifera* sont capables de germer sous stress salin (NaCl), même en présence de la plus forte concentration (5 g.l⁻¹) où le taux de germination est de 78%. L'émergence de l'axe épicotyle suit le même comportement que la germination mais à des taux faibles.

La croissance longitudinale et la production de matière sèche diminuent significativement en fonction de la concentration de NaCl.

En plus, chez la plantule, la partie aérienne semble être plus touchée par le stress salin que la partie souterraine.

Washingtonia filifera est une plante tolérante au stress salin, au stade de germination. Toutefois, cette tolérance observée *in vitro*, doit être vérifiée *in situ* (pépinière et zones de culture).

Références

- [1] Mauromicale G., Licandro P., 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. *Agronomie* 22 : 443-50.
- [2] Bayuelo-Jiménez JS., Craig R., Lynch JP., 2002. Salinity tolerance of Phaseolus Species during Germination and early Seedling Growth. *Crop Sci* 42 : 1584-94.
- [3] Zid E., Grignon C., 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. In : L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Paris : Aupelf-Uref.
- [4] Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse Delbart F., 1995. Les plantes face au stress salin. *Cah Agric* 4 : 263-73.
- [5] Patridge T., Wilson JB., 1987. Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in Otago, New Zealand. *J Bot* 25 : 255-61.
- [6] Thami SA., Campbell WF., Rumbaugh MD., 1992. Response of Alfalfa cultivar to salinity during germination and post germination. *Growth Crop Science* 32 : 976-80.
- [7] Khan MA., Rizvi Y., 1994. Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* var. stocksii. *Can J Bot* 72 : 475-9.
- [8] Fathi R.A., Prat D., 1989. Effects of saline stress on *Eucalyptus* seedlings. *Ann. Sci. For.* 46, 376-378.
- [9] Pourrat Y., Dutuit P., 1994. Etude précoce des effets morphologiques et physiologiques du rapport sodium/calcium *in vitro* sur une population d'*Atriplex halimus*, in : J. Dubois, Y. Demarly (Eds.), Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Editions John Libbey Eurotext, pp. 283-295.
- [10] Strogonov BP., 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various type of salinity. London : Oldbourne Press, : 163-204.
- [11] Misra N., Dwivedi U.N., 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars, *Plant Sci.* 166, 1135-1142.
- [12] Tremblin G., Binet P., 1984. Halophilie et résistance au sel chez *Halopeplis amplexicaulis* (vahl) ung. *Oecol. Plant.* 5- 291-29.
- [13] Yamashita A., Takasu K., 2010. Suitability of Potential Host Plants in Japan for Immature Development of the Coconut Hispine Beetle, *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 44, 143-149.
- [14] Oppenheimer H.L., Bartlett R.T., 2002. New plant records from the main Hawaiian Islands. *Bishop Mus. Occas. Pap.* 69(2): 1-14.
- [15] Audinet M., 1993. Prétraitement des semences. *Le Flamboyant* 28: 21-22.
- [16] Bewley J.D., Black M., 1994. Seeds: Physiology of development and germination. London: Plenum Press, pp: 445.
- [17] Reda Tazi M., Berrichi A., Haloui B., 2001. Germination et croissance *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. *Actes Inst. Agron. Vet.*, 21(3), 163-168.
- [18] Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Kouddane NE., 2008. Impact de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider). *Cahiers UAE*, (2-3), 25-30.
- [19] Mauromicale G., Licandro P., 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. *Agronomie* ; 22 : 443-50.
- [20] Ben Miled D, Boussaid M, Cherif A. Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Colloque sur les végétaux en milieu aride. Tunisie : Djerba, 1986.
- [21] Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A., 2000. "Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds", *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, pp. 27-34.
- [22] Botia P., Carvajal M., Cerda A., Martinez V., 1998. "Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth", *Agronomie* 18, 503-513.
- [23] Gill P.K., Sharma A.D., Singh P., Bhullar S.S., 2003. "Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses", *Plant Growth Regulation* 40 (2), pp. 157-162.
- [24] Saleki R., Young P.G., Lefevre D.D., 1993. Mutants of *Arabidopsis thaliana* capable of germination under saline conditions. *Plant Physiol.*, 101, 839-845.
- [25] Almansouri M., Kinet J.M., Lutts S., 2001. Effect of salt and osmotic stress on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant Soil.*, 231, 245-256.
- [26] Benmahioul B., Daguin F., Kaid-Harche M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C.R. Biologies*, 332(8), 752-758.
- [27] Benzioni A., Nerd A., Rosengartner Y., Mills D., 1992. Effect on NaCl salinity on growth and development of jojoba clones I. Young plants. *J. Plant Physiol.*, 139, 731-736.
- [28] Sané D., Ould K.M., Diouf D., Diouf D., Badiane F.A., Sagna M., Borge A., 2005. Growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings under drought and salinity stresses. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (9), pp. 968-972, September.
- [29] A. Rochdi J., Lemsellek A., Bousarhal A., Rachidai, 2005. Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* × *Citrus sinensis* et *Poncirus* × *Mandarinier sunki*), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9 (1) 65-73.

- [30] D. Kuiper, J. Schuit, P.J.C. Kuiper, Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals, *Plant Soil* 123 (1990) 243–250.
- [31] Liu G.F., Liu G.J., Yang C.P., Wang H.M., 1998. The analysis of hormonal change and salt resistant ability of tree species under salt stress, *J. Northeast For Univ.* 26 ; 1–4.
- [32] Zhu J.K., 2001. Plant salt tolerance, *Trends Plant Sci.* 6 ; 66–71.
- [33] Radhouane L., 2008. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) autochtones de Tunisie, *C. R. Biologies* 331 ; 278–286.
- [34] K. Sâadallah, C. Abdelly, Réponses physiologiques au sel de deux variétés de Haricot : Coco blanc sensible et BAT 477 tolérante, in : A. Hanafi, L. Kenny (Eds.), *Agriculture biologique dans le bassin méditerranéen*, 2001, pp. 453–463.
- [35] Bouraoui N., Grignon C., Zid E., 1998. Effet de NaCl sur la croissance et la respiration racinaire du triticale (X-Triticosecale Wittmack), *Cah. Agri.* 7 ; 372–376.