

Tolérance à la salinité au stade germination de trois cultures oasiennes au Maroc

Latifa EL HADIOU¹, Cherif HARROUNI², Fatima Zahra EL GRAH¹, Salma DAOUD¹

(Reçu le 01/10/2023; Accepté le 22/11/2023)

Résumé

La salinité du sol et de l'eau d'irrigation constitue une menace pour la survie des végétaux. Le choix des espèces tolérantes au sel représente une solution à cette contrainte de stress salin. Ce travail a pour objectif l'étude de la tolérance à la salinité au stade de germination de 3 plantes cultivées dans les oasis de Zagora: le chou-feuille, le gombo et la luzerne. Les graines ont été mises en germination dans différentes concentrations de sel (NaCl) allant de 0 à 20 g/L. Les résultats montrent que le chou-feuille et la luzerne sont tolérants à la salinité vu que leurs paramètres de germination ne sont pas affectés significativement par des concentrations de sel allant jusqu'à 10 g/L. Cependant, leur pouvoir germinatif est réduit aux fortes salinités. Le gombo, quant à lui tolère la salinité à de moindres degrés, sa germination étant réduite de façon significative en fonction du taux de salinité. Le prétraitement des graines avec l'acide L-ascorbique (C₆H₈O₆) a favorisé significativement le taux de germination dans les conditions salines. Les teneurs en proline et en sucres solubles totaux des graines des 3 espèces germées dans des conditions salines étaient significativement plus élevées que celles des graines témoins arrosées à l'eau distillée.

Mots clés: Chou-feuille, gombo, luzerne, germination, salinité, acide ascorbique

Salinity tolerance at the germination stage of three oasis crops in Morocco

Abstract

Soil and irrigation water salinity threatens plant survival. The choice of salt-tolerant species represents a solution to the constraint of salt stress. The aim of this work was the study of salinity tolerance at the germination stage of 3 crops grown in the oases of Zagora : kale (leaf cabbage), okra and alfalfa. Seeds were germinated in different concentrations of salt (NaCl) ranging from 0 to 20 g/L. The results show that leaf cabbage and alfalfa are tolerant to salinity, as their germination parameters are not significantly affected by salt concentrations up to 10 g/L. However, their germination capacity was reduced at higher salinity levels. Okra, on the other hand, tolerates salinity to a lesser degree, its germination being significantly reduced at relatively low salinity levels. Pretreatment of seeds with L-ascorbic acid (C₆H₈O₆) significantly boosted germination rates under saline conditions. The contents of proline and total soluble sugar of seeds of the 3 species germinated under saline conditions were significantly higher than those of control seeds watered with distilled water.

Keywords: Kale, okra, alfalfa, germination, salinity, ascorbic acid

INTRODUCTION

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre (Benbrahim *et al.*, 2004). Ces zones sont caractérisées par une forte irrégularité des précipitations (Rezgui *et al.*, 2004) associée à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (Hayek et Abdelly, 2004). À l'échelle mondiale, il est estimé que plus de 800 millions d'hectares de terres sont affectées par les sels, que ce soit par la salinité (397 Mha) ou par la sodicité associée aux teneurs élevées en sodium (434 Mha) (Alaoui *et al.*, 2013). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète (Manchanda et Garg, 2008) dont 3,8 % sont situés en Afrique (Eynard *et al.*, 2006). Ce phénomène devient de plus en plus inquiétant car la salinité réduit le potentiel productif des terres cultivables et menace la sécurité alimentaire des populations vulnérables.

La salinité est considérée comme un facteur limitant qui affecte la germination, la croissance et la productivité des plantes (Khan *et al.*, 2008) et donc la régénération naturelle des plantes. Le chlorure de sodium affecte le pouvoir germinatif des glycophytes (West et Francois, 1982) et perturbe également les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine telles que la diminution de l'activité de la polyphénol oxydase, de l'amylase (Khemiri *et al.*, 2004) et des peroxydases (Amaya *et al.*, 1999). Les effets de la salinité dépendent de l'intensité du stress salin, des espèces concernées et de la durée de son application (Rahmoune *et al.*, 2001).

Cet article concerne l'étude de la tolérance à la salinité au stade de la germination chez 3 espèces qui présentent un intérêt économique pour les régions oasiennes du Maroc, l'objectif étant d'encourager la réhabilitation des sols salins. La germination est un stade critique pour la croissance et le développement des plantes. Le choix s'est porté sur des espèces traditionnellement utilisées dans des zones oasiennes dont la majorité sont affectées par la salinité des sols et des eaux. Il s'agit du chou-feuille (*Brassica oleracea acephala*, appelé localement *Lkorneb*), du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et de la luzerne (*Medicago sativa*), plantes vivrières parmi les plus cultivées et qui ont une importance socio-économique pour la population locale (alimentation humaine et animale, valeur marchande).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Tests de germination

Les graines des trois cultures (chou-feuille, gombo et luzerne) ont été fournies par des agriculteurs des oasis de Zagora. Les graines de ces trois espèces ont été triées, désinfectées dans une solution aqueuse d'hypochlorite de calcium (5%) pendant 10 min puis rincées avec l'eau distillée stérile. Vingt graines de chaque espèce ont été mises dans des boîtes de Pétri contenant du papier Whatman stérile imbibé de 5 ml de 10 concentrations de sel (NaCl): 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 et 20 g/L. Trois répétitions (60 graines par traitement au total) ont été réalisées. Le traitement témoin était imbibé d'eau distillée stérile. Les boîtes ont été incubées dans une étuve réglée à 25°C (±1°C) (Khan

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir, Maroc

et al., 2006). Les graines étaient considérées germées lorsque les radicules percent les téguments et s'exposent de 2 mm (Sayar et al., 2010). La germination était suivie quotidiennement pendant 7 jours. Toutes les 48 heures, le papier filtre de chaque boîte de Pétri était ré-imbibé avec 5 ml du traitement lui correspondant.

Dans un autre test, les graines des trois cultures étudiées ont été trempées pendant 3 heures dans une solution de 40 mM d'acide L-ascorbique pour en évaluer l'effet sur la germination dans les conditions salines. Par la suite, les graines ont été séchées à l'air libre avant d'être mises à germer dans différentes concentrations de NaCl: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 et 18 g/L en suivant le même protocole que l'expérience précédente.

Durant ces expérimentations, plusieurs paramètres ont été étudiés:

- La cinétique de la germination exprimée par le nombre de graines germées au cours des 7 jours;
- Le taux de germination final déterminé 7 jours après le début de l'essai. C'est le rapport du nombre de graines ayant germé au 7^{ème} jour sur le nombre total (Côme, 1970);
- La réversibilité de l'effet du NaCl qui permet de déterminer s'il est toxique ou seulement osmotique. Cela consistait à laver 3 fois les graines non germées à l'eau distillée stérile. Par la suite, elles ont été transférées dans de nouvelles boîtes de Pétri contenant du papier filtre et imbibées régulièrement à l'eau distillée stérile. La germination a été suivie pendant 4 jours supplémentaires. Si la germination a lieu, on considère que l'effet du sel est osmotique et si les graines ne germent pas, l'effet du sel est considéré toxique (Hajlaoui et al., 2007);
- Le poids sec résiduel déterminé par pesée à la balance de précision après séchage au four de la partie résiduelle de la graine (70°C pendant 48 h (El Ikil, 2001));
- La longueur finale des racines déterminée après le 7^{ème} jour de germination.

Dosage de la proline et des sucres solubles

Pour évaluer l'effet du stress salin sur la production de métabolites d'adaptation tels que la proline et les sucres solubles totaux, un autre test de germination a été conduit tel que décrit ci-dessus en utilisant les concentrations de NaCl suivantes: 0, 5, 10 et 15 g/L. Le dosage de la proline a été réalisé sur les graines germées 70 et 120 h après la mise en germination. La proline a été déterminée sur la matière fraîche en suivant le mode opératoire décrit par Bates et al., (1973). Comme pour la proline, le dosage des sucres solubles totaux a été réalisé sur les graines germées 70 et 120 h après la mise en germination en suivant le mode opératoire décrit par Dubois et al., (1956).

Les résultats ont été soumis à l'analyse de la variance et les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Fisher à $\alpha=5\%$.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet de la salinité sur la cinétique de la germination

La cinétique de la germination correspond aux variations dans le temps du taux quotidien de germination des graines des trois espèces testées. La figure 1 montre que la cinétique de la germination des graines des trois cultures varie selon les espèces et les concentrations du sel. Les courbes sont caractérisées par la présence de trois phases. Une phase de latence au cours de laquelle aucune germination n'a été observée. Elle est courte à inexistante chez les graines témoins et celles traitées avec des concentrations modérées en NaCl surtout pour le chou-feuille et la luzerne. Mais elle devient plus longue surtout chez les graines soumises à des concentrations élevées pour lesquelles elle peut aller jusqu'à 48 heures. L'absence de germination pendant cette phase peut être due au retard d'imbibition des graines vu que c'est l'eau qui permet l'activation des enzymes indispensables au métabolisme à la base de la germination (Ntalani et al., 2020). Ces enzymes sont responsables de l'hydrolyse des réserves contenues dans les semences (Ntalani et al., 2020).

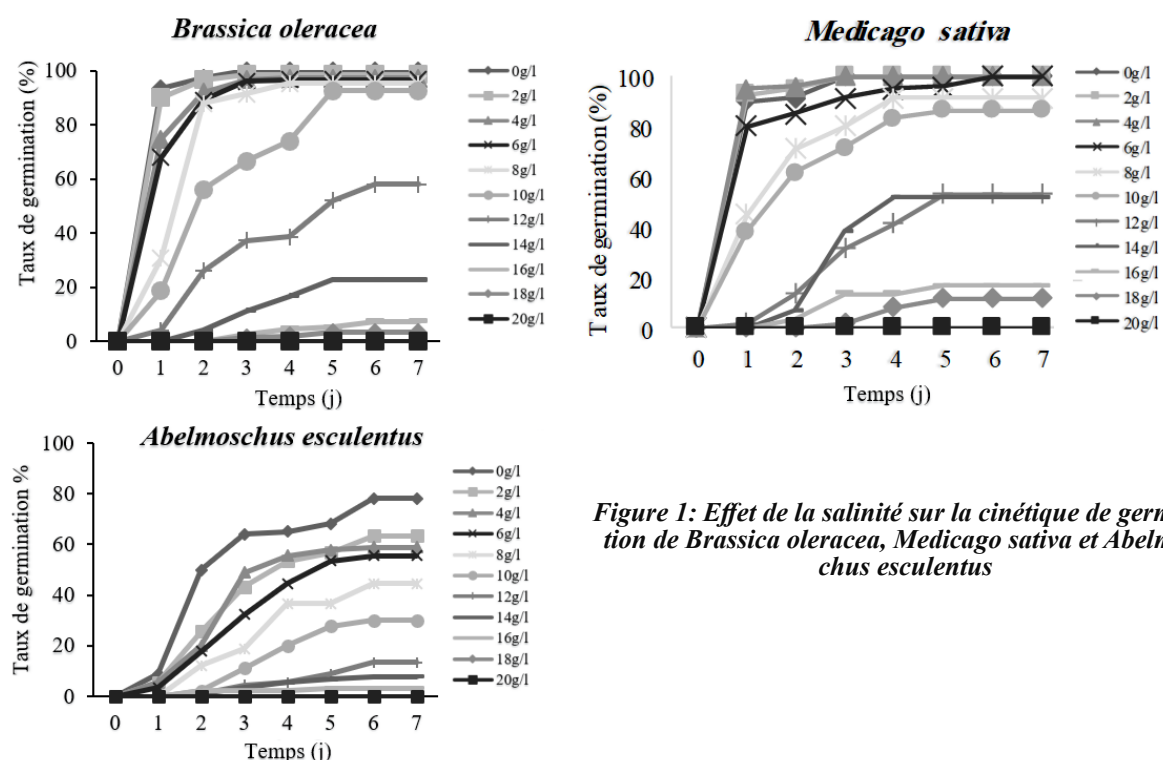


Figure 1: Effet de la salinité sur la cinétique de germination de *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus*

Il y a ensuite une phase exponentielle relativement courte qui correspond à l'augmentation rapide du taux de germination, du moins pour les plantes témoins et les plantes soumises aux concentrations modérées de sel. Pour des concentrations plus élevées, cette phase est plus étendue dans le temps, traduisant l'effet inhibiteur du sel sur la germination. Enfin, une phase stationnaire durant laquelle le taux de germination ne change pratiquement pas. La figure 1 montre que le chou-feuille et la luzerne ont des cinétiques relativement rapides jusqu'à 10 g/L alors que le gombo a une cinétique relativement plus lente.

Effet de la salinité sur le taux de la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux conditions salines limitant la vie des plantes. Le taux de germination des trois espèces a été affecté de façon significative mais à des degrés différents par les concentrations de sel (Figure 2). En effet, à des concentrations modérées de NaCl (6 g/L), la capacité germinative du chou-feuille et de la luzerne se distinguent du gombo. Ces 2 espèces avaient des taux de germination presque similaires à ceux des témoins sans

NaCl (100%). Pour les concentrations 8 et 10 g/L, le taux de germination baisse légèrement mais de façon non significative par rapport au témoin. Cependant, à des concentrations plus élevées (12 à 20 g/L), toutes les espèces ont été affectées et montrent un taux de germination qui décroît (Figure 2). On peut donc conclure que le chou-feuille et la luzerne sont des espèces qui tolèrent significativement la salinité comparée au gombo. Elles ont atteint des taux de germination de 58,0 et 53,3% respectivement à 12 g/L de NaCl alors qu'à cette concentration, le gombo avait un taux de germination qui ne dépasse pas 14%.

Ces résultats montrent que les espèces étudiées sont tolérantes à la salinité au stade de germination. Des résultats comparables ont été observés chez différentes variétés d'haricot (Kaymakanova, 2009). Cette capacité à germer en présence de NaCl a été expliquée par le fait que la présence du péricarpe qui recouvre la graine joue le rôle d'une barrière pour éviter le passage des ions toxiques (Koyro et Eisa, 2008). D'après la figure 3, Le prétraitement des graines des 3 espèces avec 40 mM d'acide L-ascorbique a amélioré significativement leur taux de germination dans toutes les

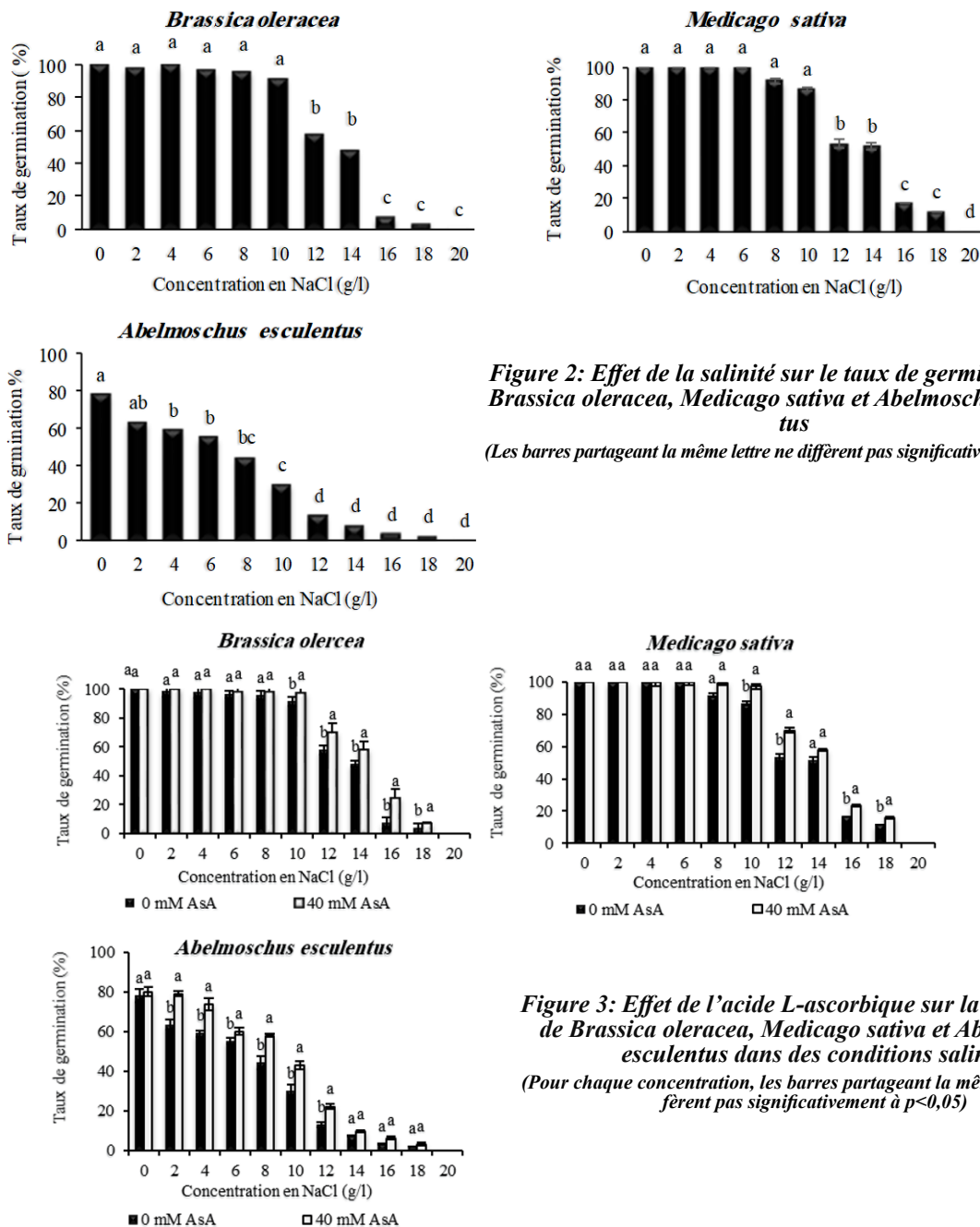


Figure 2: Effet de la salinité sur le taux de germination chez *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus*

(Les barres partageant la même lettre ne diffèrent pas significativement à $p < 0,05$)

Figure 3: Effet de l'acide L-ascorbique sur la germination de *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus* dans des conditions salines

(Pour chaque concentration, les barres partageant la même lettre ne diffèrent pas significativement à $p < 0,05$)

concentrations de NaCl. En effet, chez *Brassica oleracea* par exemple à 40 mM d'acide L-ascorbique et à 8 g/l de NaCl le pourcentage des graines germées est de 100% comparativement au cas non traités par l'acide L-ascorbique avec 95%. A la dose de 40 mM d'acide L-ascorbique, la germination a été améliorée par rapport au témoin. Ce qui suggère que l'acide L-ascorbique aurait réduit l'effet toxique de la salinité sur la germination en favorisant l'ajustement osmotique ou bien en réduisant l'effet toxique du Na^+ et du Cl^- (Khan *et al.*, 2006).

Effet de la salinité sur la réversibilité de l'effet du NaCl

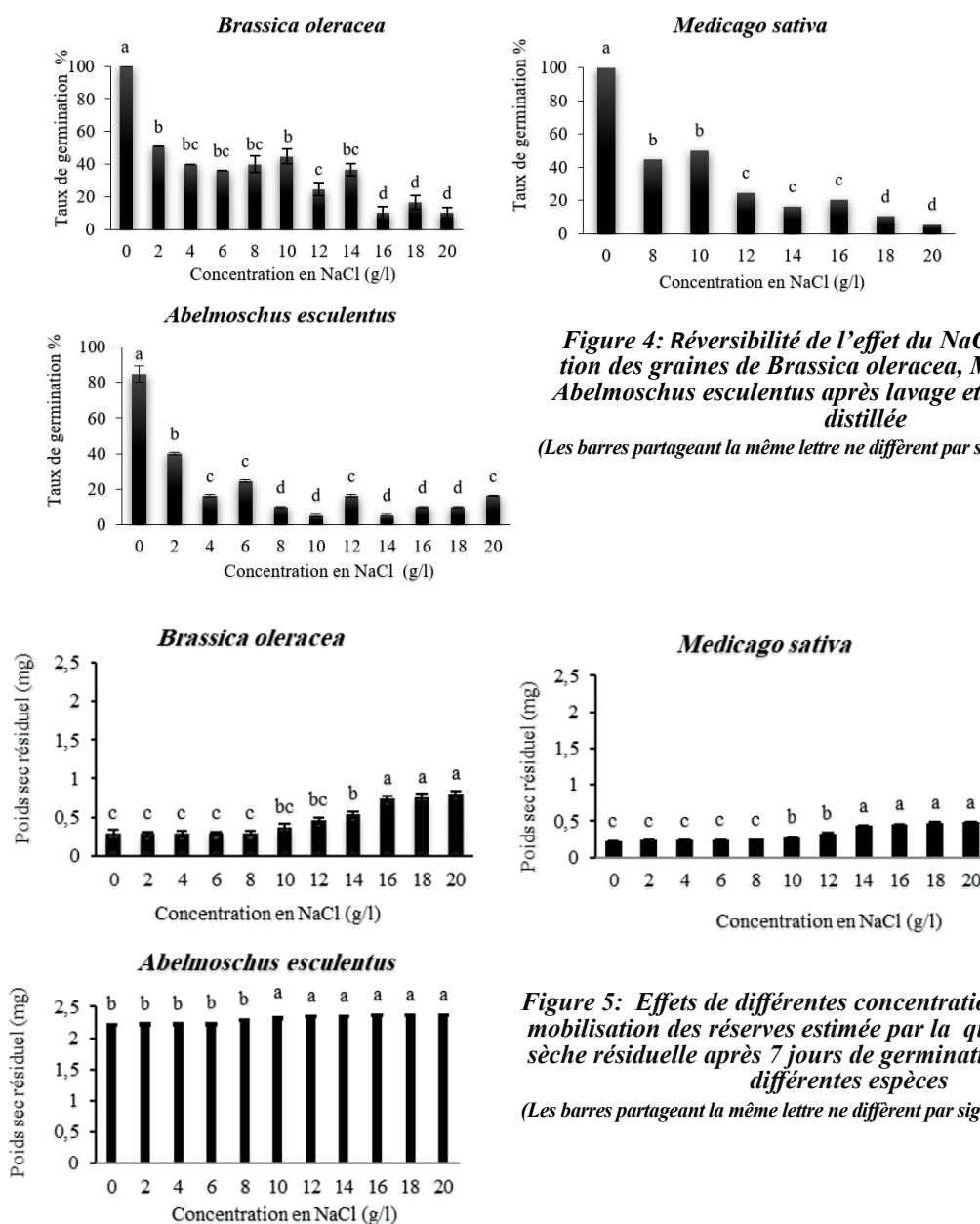
Les graphiques de la figure 4 illustrent la réversibilité de l'effet du NaCl sur la germination des graines des espèces étudiées. Les résultats de la figure 2 ont montré que le sel à de fortes doses a un effet inhibiteur sur la germination des espèces étudiées. Cette inhibition peut être due à un effet osmotique et/ou toxique. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après la levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, la germination demeure inhibée. Le test de réversibilité montre qu'une fois transférées dans des boîtes de Petri imbibées à l'eau distillée, les graines qui n'avaient pas germé dans

les fortes salinités avaient repris la germination chez les trois espèces. Cette reprise est plus faible chez des graines du gombo alors qu'elle est relativement plus importante chez le chou-feuille et la luzerne. Ces résultats peuvent expliquer que l'inhibition de la germination est due à un effet osmotique vu qu'à la suite du lavage et du transfert dans de l'eau distillée, la reprise de la germination a été possible. Néanmoins, les graines qui étaient dans de fortes salinités, avaient de faibles taux de germination après le lavage. Ceci peut suggérer que la réduction du taux de germination était dû à la toxicité résultant de l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- . Ces résultats peuvent être comparés avec ceux de Hajlaoui *et al.* (2007) qui ont montré l'effet osmotique de doses élevées de NaCl (68 mM et 102 mM) sur des graines de pois chiche.

Effet de la salinité sur la mobilisation des réserves

Les graphiques de la figure 5 illustrent la mobilisation des réserves des espèces étudiées en fonction des concentrations de sel allant de 0 à 20 g/L.

A des concentrations relativement modérées de NaCl (2 à 8 g/L), la masse sèche résiduelle des espèces étudiées ne montre aucune différence significative par rapport au témoin. Les valeurs étaient faibles, ce qui montre une



mobilisation élevée des réserves. Cependant, à des concentrations plus élevées (10 à 20 g/L), ces espèces étaient affectées montrant une augmentation significative de la masse sèche résiduelle des graines. Ce qui peut être expliqué par l'effet dépressif du NaCl qui n'a pas permis la mobilisation des réserves. Dans des conditions similaires, Hajlaoui *et al.* (2007) et Rastegar et Kandi (2011) ont trouvé que l'efficacité d'utilisation des réserves des graines du poids chicke et du soja diminuaient en fonction de l'augmentation des concentrations du NaCl. Ces effets dépressifs sur la mobilisation des réserves des graines ont été expliqués par le blocage des activités enzymatiques (Prisco *et al.*, 1983) et le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon (Hajlaoui *et al.*, 2007).

Effet de la salinité sur la longueur de la radicule

La comparaison de l'effet des concentrations de sel sur la germination des graines montre que la longueur de la radicule est réduite significativement avec l'augmentation de la salinité dans le milieu de culture au-delà de 2 g/L (Tableau 1). A 10 g/L, l'effet dépressif était tel que la croissance de la radicule est réduite d'environ 47, 76 et 72 % respectivement chez *B. oleracea*, *M. sativa* et *A. esculentus*. Au-delà de cette concentration, la réduction était beaucoup plus importante pour être presque inhibée à partir de 12 g/L. Des

effets similaires ont été remarqués pour trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*) soumises à des concentrations de NaCl de 5, 10 et 15 g/L qui avaient réagi par une réduction de leurs parties racinaires en réponse à la salinité (Camara *et al.*, 2018).

Effet de la salinité sur la teneur en proline

Les plantes répondent à une variété de stress environnementaux en accumulant certains métabolites spécifiques comme la proline (Ksouri *et al.*, 2012). Cet acide aminé a été dosé chez les espèces étudiées mises en germination aux concentrations de 0, 5, 10 et 15 g/L de NaCl, 70 et 120 heures après la mise en germination (Figure 6).

Les résultats de cette expérimentation montrent que la teneur en proline des graines après 70 et 120 h de mise en germination chez les trois espèces était plus importante dans les concentrations 5 et 10 g/L. Après 70 h et à 10 g/L, l'augmentation de la proline était significative avec 100, 51 et 39 % par rapport aux témoins respectivement chez *B. oleracea*, *M. sativa* et *A. esculentus*. Après 120 h, l'augmentation a dépassé 100 % chez toutes les espèces (Fig. 6). A 15 g/L, le taux de proline était comparable à celui des témoins. On peut donc considérer que la concentration de 10 g/L représente le seuil de tolérance pour toutes les espèces étudiées.

Tableau 1: Effet de la salinité sur la longueur des racines (cm) de *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus*

	0 g/L	2 g/L	4 g/L	6 g/L	8 g/L	10 g/L	12 g/L	14 g/L	16 g/L	18 g/L	20 g/L
<i>Brassica oleracea</i>	5,66± 1,11a	5,5 ± 1,00 a	4,33 ± 0,44 ab	4,0 ± 0,6 ab	3,83 ± 0,55ab	3,00 ± 0,33 bc	1,8± 0,2 cd	0,66 ± 0,15 d	0,5 ± 0,06 d	0,13 ± 0,04 d	0,00 ± 0,00 d
<i>Medicago sativa</i>	3,5 ± 0,33a	2,28 ± 0,11 b	2,73 ± 0,17 b	1,73 ± 0,17 c	1,63 ± 0,42 c	0,83 ± 0,15 d	0,43 ± 0,15 de	0,2 ± 0,06 e	0,1 ± 0,00 e	0,1 ± 0,00 e	0,00 ± 0,00 e
<i>Abelmoschus esculentus</i>	1,66± 0,11a	1,3 ± 0,2 b	0,86 ± 0,11c	0,63 ± 0,15cd	0,51 ± 0,06 de	0,46 ± 0,06def	0,26 ± 0,08efg	0,16 ± 0,08 fg	0,13 ± 0,03fg	0,06 ± 0,04 fg	0,00 ± 0,00 g

Pour chaque ligne, les valeurs partageant la même lettre ne diffèrent pas significativement à p<0,05)

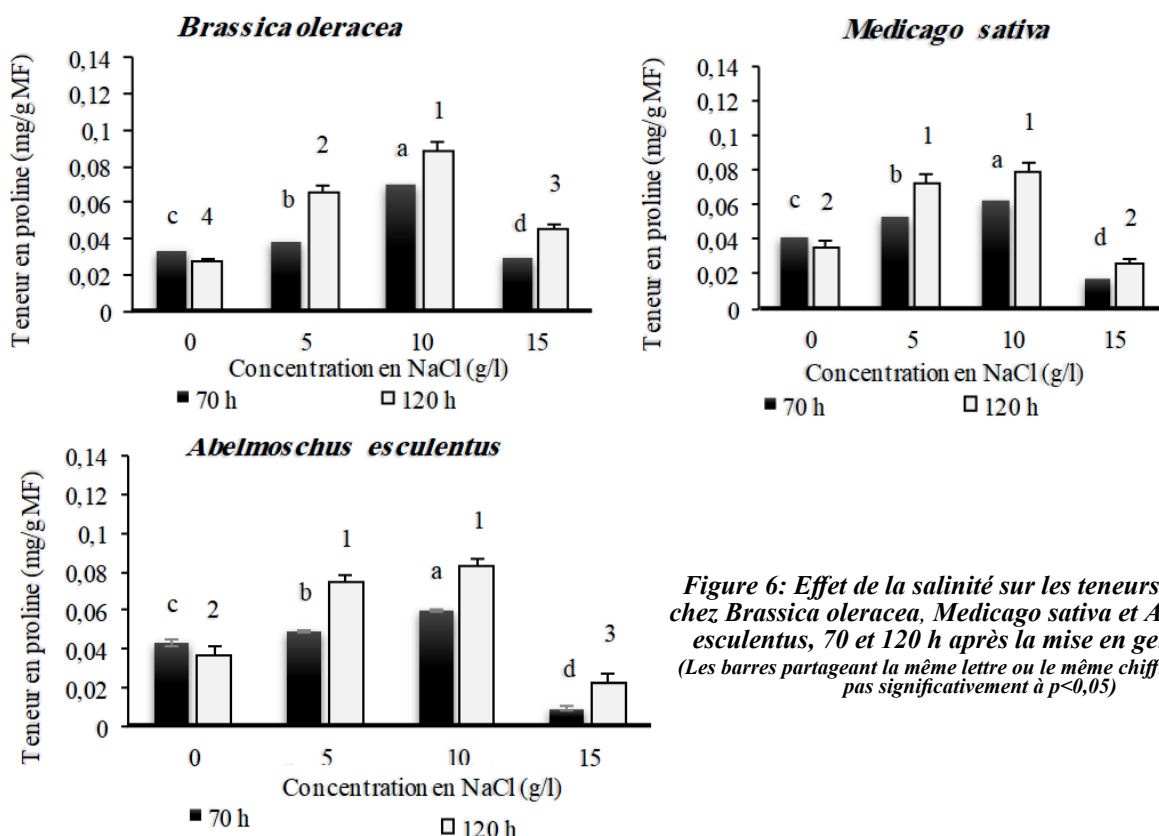


Figure 6: Effet de la salinité sur les teneurs en proline chez *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus*, 70 et 120 h après la mise en germination (Les barres partageant la même lettre ou le même chiffre ne diffèrent pas significativement à p<0,05)

Effet de la salinité sur la teneur en sucres solubles totaux

La figure 7 montre les variations des teneurs en sucres solubles analysées dans les graines de *B. oleracea*, *M. sativa* et *A. esculentus* sous traitements salins.

Les graphiques montrent une augmentation significative de la concentration des sucres solubles totaux à la concentration de 10 g/L de sel, 70 h après la mise en germination. Cette augmentation est estimée à plus de 100% par rapport au témoin chez le chou-feuille et le gombo et à 45% chez la luzerne. Cependant, après 120 h, la teneur en sucres solubles a subi une réduction de plus de 55, 29 et 32% par rapport aux teneurs obtenues après 70 h à 10 g/L respectivement chez *B. oleracea*, *M. sativa* et *A. esculentus* (Fig. 6). A 15 g/L de sel, les teneurs en sucres solubles ont été significativement réduites comparées aux concentrations 5 et 10 g/L. Cette concentration n'a donc pas été tolérée par les trois espèces qui n'ont pas pu réaliser l'ajustement osmotique pour surmonter l'effet toxique du NaCl.

Les résultats des teneurs en proline et en sucres solubles totaux montrent que les 3 espèces sont capables de réaliser l'ajustement osmotique au stade germination à des concentrations relativement élevées en NaCl. Mais au-delà d'un seuil de tolérance situé entre 10 et 15 g/L de NaCl, les plantes sont incapables de réaliser l'ajustement osmotique et l'effet toxique se manifeste sur les plantes. Des résultats

similaires de l'accumulation de la proline et des sucres solubles totaux ont été mis en évidence chez le piment (*Capsicum Annuum*) (Bouassaba et Chougui, 2018).

CONCLUSION

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissant à l'émergence de la radicule. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi l'initiation d'une production agricole réussie. Les résultats rapportés dans cette étude montrent que le chou-feuille, la luzerne et le gombo ont montré leur tolérance à la salinité au stade de la germination. En effet, à 10 g/L de NaCl, elles ont atteint des taux de germination de 90, 86 et 30% respectivement. Cette adaptation est confirmée par un taux de mobilisation des réserves des graines à 8 g/L similaire à celui du témoin sans NaCl. Le maintien d'un bon taux de germination à 5 et 10 g/L s'accompagne par l'augmentation des teneurs en sucres solubles et en proline qui montre que les 3 espèces sont capables de réaliser l'ajustement osmotique et de maintenir un niveau élevé de métabolisme en conditions de salinité. Ces résultats peuvent être utilisés pour convaincre les agriculteurs à conserver leurs semences et à les cultiver pour produire dans des conditions de salinité de l'eau et/ou du sol.

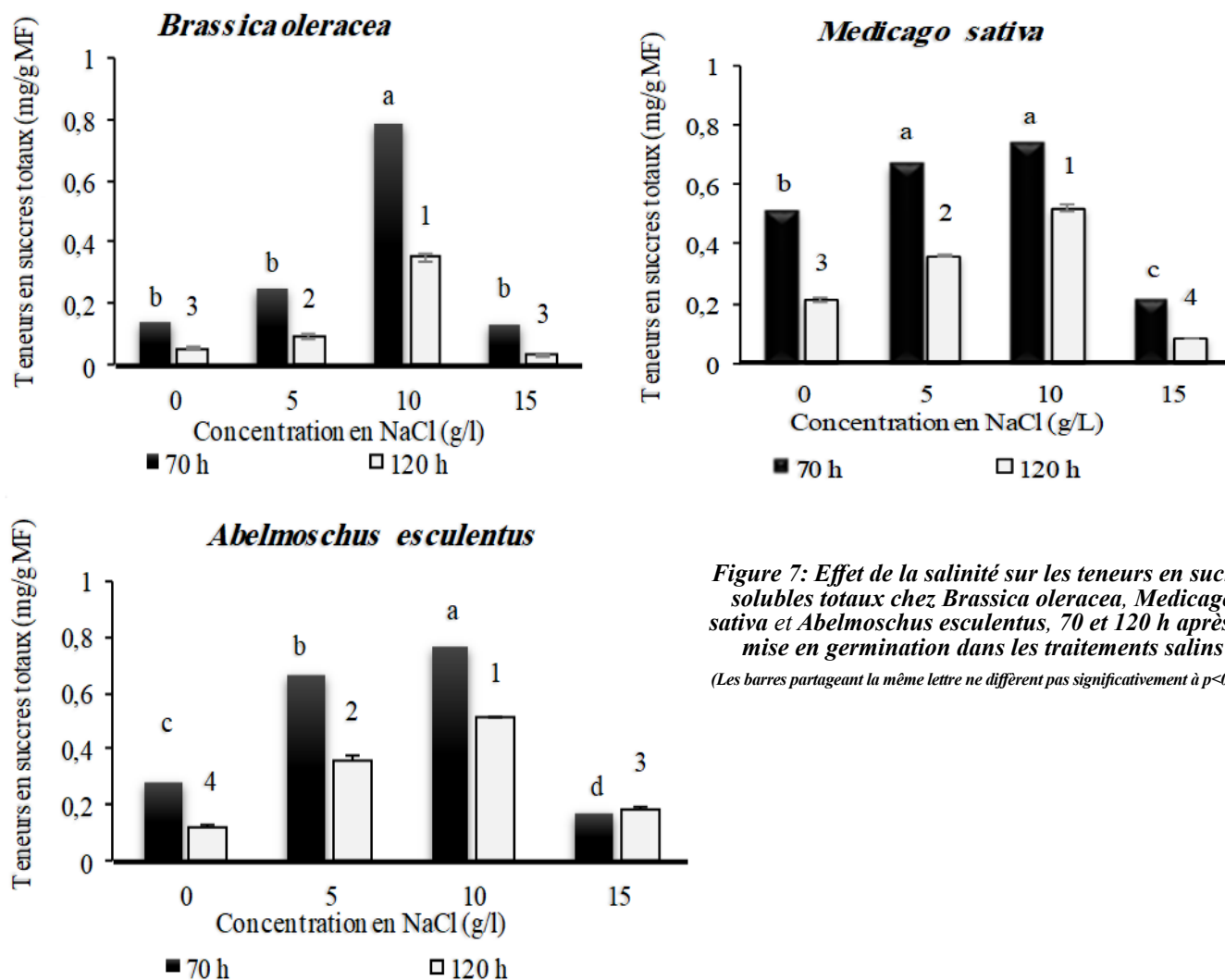


Figure 7: Effet de la salinité sur les teneurs en sucres solubles totaux chez *Brassica oleracea*, *Medicago sativa* et *Abelmoschus esculentus*, 70 et 120 h après la mise en germination dans les traitements salins (Les barres partageant la même lettre ne diffèrent pas significativement à $p < 0,05$)

RÉFÉRENCES

- Alaoui, Mrani, M., El Jourmi, L., Ouarzane, A., Lazar, S., El Antri, S., Zahouily, M., Hmyene, A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of Materials and Environmental Science* 4: 997-1004.
- Amaya, I., Botella, M.A., de la Calle, M., Medina, M.I., Heredia, A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., Quesada, M.A., Valpuesta, V. (1999). Improved germination under osmotic stress of tobacco plants overexpressing a cell wall peroxidase. *FEBS letters*, 457: 80-84.
- Bates, L., Waldren, R., Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Benbrahim, K.F., Ismaili, M., Benbrahim, S.F., Tribak, A. (2004). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation: impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15: 307-320.
- Bouassaba, K., Chougui, S. (2018). Effet du stress salin sur le comportement biochimique et anatomique chez deux variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) à Mila/Algérie. *European Scientific Journal*, 14: 159.
- Camara, B., Sanogo, S., Cherif, M., Kone, D. (2018). Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *Journal of Applied Biosciences*, 124: 12424-12432.
- Côme, D. (1970). Obstacles to germination. *Obstacles to germination.*, Ed. Masson et Cie (Paris)(6), p 162.
- DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T., Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28: 350-356.
- El Iklil, Y. (2001). Identification de critères agro-physiologiques et biochimiques de la tolérance à la salinité chez la tomate. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.
- Eynard, A., Lal, R., Wiebe, K.D. (2006). Salt-affected soils. *Encyclopedia of soil science*, 2: 1538-1541.
- Hajlaoui, H., Denden, M., Bouslama, M. (2007). Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicicultura*, 25: 168-173.
- Hayek, T., Abdelly, C. (2004). Effets de la salinité sur l'état hydrique foliaire, la conductance stomatique, la transpiration et le rendement en grains chez 3 populations de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Revue des régions arides*, 1: 273-284.
- Kaymakanova, M. (2009). Effect of salinity on germination and seed physiology in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 23: 326-329.
- Khan, Ajmal, M., Ahmed, M.Z., Hameed, A. (2006). Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*, 67: 535-540.
- Khan, H., M., Panda, S.K. (2008). Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 81-89.
- Khan, M.A., Ahmed, M.Z., Hameed, A. (2006). Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*, 67: 535-540.
- Khemiri, H., Belguith, H., Jridi, T., Ben El Arbi, M., Ben Hamida, J. (2004). Caractérisation biochimique d'une amylase active au cours du processus germinatif des graines de colza (*Brassica napus* L.). *Congrès International de Biochimie*, 146-149.
- Koyro, H.-W., Eisa, S.S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and soil*, 302: 79-90.
- Ksouri, R., Smaoui, A., Isoda, H., Abdelly, C. (2012). Utilization of halophyte species as new sources of bioactive substances. *J. Arid Land Stud*, 22: 41-44.
- Manchanda, G., Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 595-618.
- Ntalani, H., Ndinga, A.M.E., Ntsatouabaka, I.G., Banzouzi Mpolo, A.V.L., Ouamba, J.-M. (2020). Essais de valorisation des déchets solides ménagers biodégradables par compostage en milieu urbain au Congo. *Afrique Science*, 16: 59-69.
- Prisco, J.T., Campos, P., de Assis, F. (1983). Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Physiologia plantarum*, 59: 183-188.
- Rahmoune, C., Sdiri, H., Meddahi, M.-L., Selmi, M. (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 12: 167-174.
- Rastegar, Z., Kandi, M.A.S. (2011). The effect of salinity and seed size on seed reserve utilization and seedling growth of soybean (*Glycine max*). *Int. J. Agron. Plant Prod*, 2: 1-4.
- Rezgui, M., Bizid, E., Ben Mechlia, N. (2004). Étude de la sensibilité au déficit hydrique chez quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. *Revue des régions arides*, 1: 258-265.
- Sayar, R., Bchini, H., Mosbahi, M., Khemira, H. (2010). Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) growth to salt and drought stresses. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46: 54-63.
- Westes, D., Francois, L. (1982). Effects of salinity on germination, growth and yield of cowpea. *Irrigation science*, 3: 169-175.