

EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DE QUELQUES PROVENANCES ALGERIENNES D'ARGANIER (*Argania spinosa* L.)

NASRI Souhila et BENMAHIOUL Benamar *

Département des Ressources Forestières, Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers (SNV-STU), Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie

* E-mail: benmahioul@yahoo.fr

Résumé. - Dans les régions arides et semi-arides du bassin méditerranéen, la salinisation des sols constitue l'un des facteurs abiotiques majeurs qui réduit la productivité de nombreuses cultures. L'introduction de plantes tolérantes à la salinité est l'une des techniques les plus recommandées pour valoriser les sols touchés par ce phénomène. L'arganier fait partie de ces espèces à grand potentiel. Ce travail a pour objectif de comparer le comportement de trois provenances d'arganier collectées à travers la wilaya de Tindouf et soumises à des conditions du stress salin depuis le stade de germination. Il s'agit des graines provenant de Merkala, d'Oued Bouyhadine et d'Oued El-Gahaouane. La contrainte saline a été induite par l'application de différentes concentrations de NaCl : 0; 4; 8 et 16 g.l⁻¹. L'effet du stress salin sur la germination a montré une variabilité de tolérance entre les différentes provenances testées. Les semences issues d'Oued Bouyhadine sont les plus résistantes au sel où le taux de germination a été de l'ordre de 66,7% en présence de la plus forte concentration saline testée. Ainsi, l'effet de la contrainte saline sur la croissance des jeunes semis a été analysé. Les résultats obtenus montrent que les différents paramètres de croissance étudiés, varient en fonction de la provenance étudiée. En effet, la partie aérienne est plus sensible au sel que la partie racinaire pour l'ensemble des provenances testées. De plus, la provenance de Merkala se montre la plus sensible vis-à-vis du stress salin.

Mots clés: *Argania spinosa* L, stress salin, germination, provenances, prétraitements, croissance.

EFFECT OF THE SALINE CONSTRAINT ON THE GERMINATION AND THE GROWTH OF SOME ALGERIAN PROVENANCES OF ARGAN (*Argania spinosa* L.)

Abstract. - In arid and semi-arid areas of the Mediterranean basin, the salinization of the soil constitutes one of the most important abiotic factors limiting plant growth and the productivity for many cultures. The introduction of tolerant plants to salinity is one of the techniques recommended to develop the soil touched by this phenomenon. The argan belonged to these species with great potential. This work aimed to compare the compartment of three provenances of argan collected from Tindouf and subjected to the saline stress since the stage of germination. The seeds coming from Merkala, Oued-Bouyhadine and Oued-El Gahaouane. The saline constraint was induced by the application of various NaCl concentrations: 0; 4; 8 and 16 g.l⁻¹. The effect of the saline stress on germination showed a variability of tolerance between the various provenances tested. The seeds resulting from Oued Bouyhadine are most resistant to salt, where the rate of germination was about 66.7 % in the presence of the highest salt concentration tested. Therefore, the effect of saline constraint on the growth of young sowings was analyzed. Results showed that the different growth parameters studied, vary according the provenance studied. Indeed, the aerial part is more sensitive to salt than the root part for all provenance tested. Moreover, the provenance of Merkala is shown most sensitive to the salinity stress.

Key words: *Argania spinosa* L., salinity stress, provenance, seed germination, pre-treatment, growth.

Introduction

Dans plusieurs zones du globe terrestre, la salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers de problèmes de salinisation [1].

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale [2]. L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3,2 millions d'hectares affectés [3]. Ces deux contraintes naturelles (sécheresse et salinité) ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grande partie les causes de la désertification des sols.

Pour pallier cette contrainte environnementale, diverses stratégies peuvent être adoptées, à savoir l'application des techniques de drainage des sels en excès. Cependant, ces méthodes sont très coûteuses et exigent un volume d'eau important pour lessiver ces sels [4]. De ce fait, l'introduction des plantes tolérantes aux stress abiotiques et de haute valeur socio-économique, constitue une des approches pour réhabiliter les sols salins. Le choix idéal d'une végétation appropriée à ces conditions, constitue la première étape pour résoudre le problème de la salinité des sols.

L'arganier, *Argania spinosa* (L.) également appelé «arbre de fer» est une sapotacée endémique de l'Algérie et du Maroc. Il est parfaitement adapté aux conditions d'aridité du milieu. En Algérie, son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le nord-ouest de la wilaya de Tindouf où cette essence constitue la deuxième espèce forestière après l'Acacia.

L'arganier est un arbre forestier "multi-usage". Chaque partie ou production de l'arbre (bois, feuilles, fruits et huile) est utilisable, et représente une source de revenu et de nourriture pour l'usager. En plus de son rôle économique, l'argan joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique. Il permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. Ces derniers font de lui un arbre particulièrement intéressant pour le développement de ces zones arides [5].

Dans la présente étude, nous nous sommes penchés sur l'évaluation de la capacité germinative des graines et la croissance de jeunes plantules de trois provenances d'arganier soumises à un stress salin.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Origine et préparation des semences

Toutes les graines utilisées dans ce travail expérimental appartiennent à l'espèce *Argania spinosa* L. Elles ont été récoltées à maturité (mois d'août) de 3 stations différentes

situées dans la wilaya de Tindouf (fig. 1): Merkala, Oued-Bouyhadine et Oued El-Gahouane. L'ensemble de ces régions donatrices appartient à l'étage bioclimatique aride.

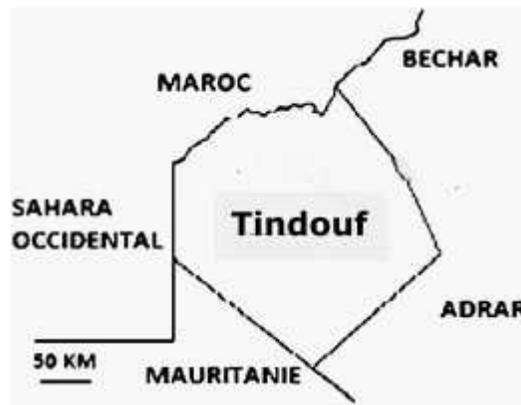


Figure 1.- Situation géographique de la wilaya de Tindouf

Après élimination de l'épicarpe (fig. 2), les semences ont été placées dans des sachets en plastiques puis conservées au laboratoire, dans les conditions ambiantes et à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation.



Figure 2.- Aspect des graines après l'enlèvement de l'épicarpe
(A: Merkala; B: Oued Bouyhadine; C: Oued El-Gahaouane)

1.2.- Effet du prétraitement sur la germination

Les téguments des graines d'*Argania spinosa* L ont une structure anatomique typique, dure qui se traduit par une forte inhibition tégumentaire de la germination. Afin de déterminer les conditions optimales de germination, nous avons, dans un premier temps, effectué des essais préliminaires faisant appel à différents prétraitements:

- T₀: Témoin,
- T₁: Trempage des graines dans l'eau tiède (27°C) pendant 6 jours,
- T₂: Trempage des graines dans l'eau oxygénée (10 v) tiède (27°C) pendant 1 jour,
- T₃: Trempage des graines dans l'eau oxygénée (10 v) tiède (27°C) pendant 4 jours,
- T₄: Trempage des graines dans l'eau oxygénée (10 v) tiède (27°C) pendant 7 jours.

Les tests de germination ont été effectués à l'obscurité dans une étuve réglée à 27°C. Les graines de chaque lot expérimental sont placées dans des boîtes de Pétri en verre de 9 cm de diamètre, doublement tapissé de papier filtre imbibé d'eau distillée.

Trente (30) graines sont testées pour chaque prétraitement. Les graines sont dénombrées quotidiennement durant 28 jours. L'émergence de la radicule étant l'indicateur de la germination.

1.3.- Effet de la contrainte saline sur la germination

Il est procédé aux essais de germination sous un stress salin en utilisant les conditions optimales de germination déterminées à partir des essais de prétraitement précédents. Pour ce faire, les semences ont été immergées dans l'eau oxygénée (10v) tiède (27°C) pendant 4 jours. Les graines sont ensuite mises à germer dans des boîtes de Pétri doublement tapissées de papier filtre et arrosées avec de l'eau distillée contenant différentes concentrations de NaCl (0; 4; 8 et 16 g.l⁻¹).

1.4.- Effet de la contrainte saline sur la croissance de jeunes semis

Les graines prégermées sont repiquées individuellement dans des sachets en plastique (15 cm de hauteur et de 5 cm de diamètre, perforés) remplis d'un mélange de sable et de tourbe (1/1 v/v). Les plantules ont été arrosées 2 fois par semaine avec l'eau ordinaire jusqu'à atteindre le stade de quatre feuilles, stade à partir duquel, le sel a été appliqué pendant deux mois en arrosant avec des doses croissantes de NaCl (0; 4; 8 et 16 g.l⁻¹).

La réponse des plantules au stress salin a été évaluée grâce aux paramètres d'appréciation suivants:

- La longueur et le diamètre de la tige ainsi que le nombre moyen des feuilles et de nœuds par tige. L'effet de la contrainte saline sur la croissance du système racinaire a été analysé à la fin de l'expérimentation, après 2 mois de stress.
- Les biomasses des organes aériens et racinaires ont été mesurées par la masse de la matière fraîche (MF) puis sèche (MS) après séchage de 48 h à l'étuve réglée à 65°C. Les pesés ont été effectués grâce à une balance de précision (Adventurer OHAUS) et sont exprimées en gramme.

1.5.- Expression des résultats et analyse des données

Les résultats sont exprimés sous forme de taux de germination (% G) et temps moyen de germination (TMG). Ce dernier est calculé par la formule suivante : $TMG = N_1T_1 + N_2T_2 + N_iT_i / N_1 + N_2 + N_i$. (N_1 est le nombre de graines germées en temps T_1 et N_2 le nombre de semences ayant germées entre le temps T_1 et T_2) [6].

Les pourcentages de germination pour un lot expérimental donné correspondant au rapport suivant : (Nombre de graines germés/ Nombre total des graines mises à germer) x 100

Les résultats sont soumis à une analyse statistique descriptive et une analyse de la variance à un ou deux facteurs fixes de classification. Les histogrammes présentés, rejoignent des valeurs moyennes encadrées par leurs écart-type, les moyennes sont comparées selon la méthode de NEWMAN et KEULS (1999) [7], basée sur la plus petite valeur significative, utilisant le logiciel MINITAB 16. On considère que les résultats sont significatifs quand $P < 0,05$.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Effet du prétraitement sur la germination

Les essais portant sur la germination des graines d'*Argania spinosa* L ont montré l'effet bénéfique de certains prétraitements sur l'amélioration de leur capacité germinative. En effet les meilleurs résultats enregistrés ont été obtenus avec le lot de graines traitées par l'eau oxygénée tiède pendant 4 jours (T_3) (fig. 3 et fig. 4A-B).

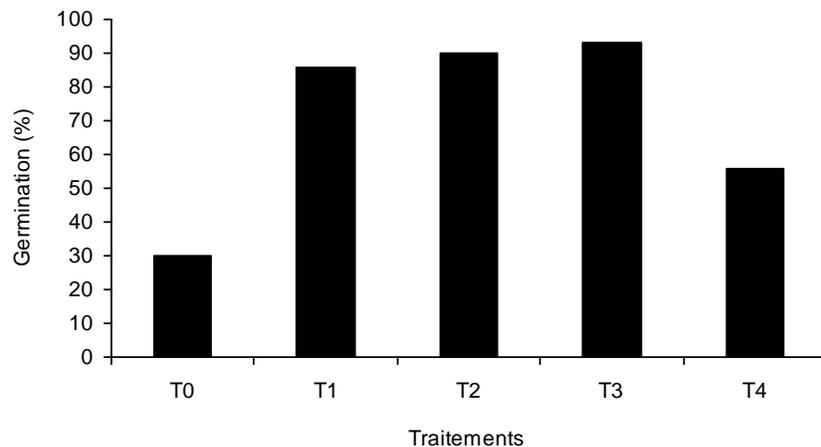


Figure 3.- Taux de germination d'*Argania spinosa* L. sous l'effet de différents prétraitements testés. (T_0 : Témoin; T_1 : Traitement par l'eau tiède à 27°C pendant 6 jours; T_2 : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 1jour; T_3 : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 4jours; T_4 : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 7jours).



Figure 4.- Effet de différents traitements sur la germination des graines d'*Argania spinosa* L. [A: graines traitées par l'eau tiède; B: graines traitées par l'eau oxygénée tiède pendant 4 jours; C: Blocage de la germination suite à un traitement prolongé (7jours) dans l'eau oxygénée tiède]

Des recherches similaires ont montré l'effet positif du trempage des graines de Douglas dans l'eau oxygénée [8, 9]. La concentration et la durée testées semblent jouer un rôle à la fois séparé et en interaction. La durée optimale du trempage paraît être en rapport avec la dureté des téguments [10]. Dans nos conditions, une prolongation du traitement par l'eau oxygénée tiède pendant 7 jours entraîne une nette régression du taux germinatif qui ne dépasse pas les 56% (fig. 3). Ce prétraitement exerce un effet dépressif voir létal sur les graines de l'arganier qui se traduit par un blocage de la germination (fig. 4C).

Le traitement à l'eau ordinaire est un moyen efficace pour ramollir les téguments de la graine et pour réduire leur imperméabilité à l'eau [11, 12, 13]. En effet, le traitement des semences d'*Argania* par l'eau tiède pendant 6 jours a permis d'obtenir un taux germinatif supérieur à celui enregistré chez le lot témoin et le lot traité par l'eau oxygénée pendant 7 jours. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de BENAOUF (1994) [14]. Cet auteur a signalé que le trempage des graines à l'eau pendant 96 et 120 heures avant le semis, a un effet positif sur la précocité de leur germination. Des taux importants de graines germées ont été enregistrés (jusqu'à 95%) dans un intervalle thermique de 25 à 30°C. NOUAIM et CHAUSSOD (2004) [15] rapportent eux aussi qu'un simple trempage des graines d'arganier à l'eau pendant trois ou quatre jours favorisera un pourcentage élevé de germination. Cependant, FAOUZI *et al.* (1978) [16] ont montré que la germination des graines de l'arganier a été affectée par la durée de l'imbibition. En effet, le taux de germination le plus important (88%) a été affiché chez les graines imbibées pendant 48h.

2.2.- Effet de la contrainte saline sur la germination

Les essais relatifs au comportement d'*Argania spinosa* vis-à-vis de la salinité ont montré que les graines des différentes provenances étudiées sont particulièrement tolérantes et qu'elles sont capables de germer même en présence de fortes doses en sel, notamment 16 g/l NaCl (tab. I).

Tableau I.- Taux (TG) et temps moyen (TMG) de germination de trois provenances d'*Argania spinosa* sous l'effet des concentrations croissantes en NaCl

Provenances NaCl (g.l ⁻¹)	Oued Bouyahadine		Oued El-Gahaouane		Merkala	
	TG%	TMG (jours)	TG%	TMG (jours)	TG%	TMG (jours)
0	96,7	6,14	83,3	7,92	80	9,25
4	80,0	5,83	93,3	6,15	93,3	5,21
8	93,3	5,36	93,3	6,52	90	5,41
16	66,7	5,9	50	6,4	66,7	5,5

L'allure générale des courbes de cinétique de germination pour le témoin et les traitements de 4 et 8 g.l⁻¹ de NaCl est pratiquement semblable pour toutes les provenances testées à l'exception de la provenance d'Oued-Bouyahadine où le taux de germination passe de 96,7% à 80% pour les graines stressées à 4 g.l⁻¹ (fig. 5). Les résultats obtenus montrent également que le stress salin a nettement amélioré le temps moyen de germination et ça pour l'ensemble des provenances étudiées où il passe de 6,14 jours à 5,36 jours pour les graines

stressées à 8g/l de NaCl chez la provenance d'Oued-Bouyhadine, et de 7,92 jours à 6,15 jours pour les graines stressées à 4g/l chez la provenance d'Oued El-Gahaouane, il passe aussi de 9,25 jours à seulement 5,21 jours pour les graines de Merkala stressées à 4g/l de NaCl (tab. 1). L'arganier de Tindouf n'est affecté par le sel qu'à partir de 16 g.l⁻¹ et continu à germer en présence de cette forte concentration saline: 50% pour les graines provenant d'Oued El-Gahaouane et 66,7% pour celles issues d'Oued Bouyhadine et de Merkala. Nos résultats se concordent avec ceux de NDOUR et DANTHU (1984) [17] et de DANTHU *et al.* (2009) [18]. En effet, ces auteurs montrent que la germination des graines de l'*Acacia tortilis raddiana* est moins perturbée par la salinité. Les travaux de BENMAHIOUL *et al* (2009) ont montré également qu'une contrainte saline n'a pas affecté la germination *in vitro* chez le pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.) et que pour l'ensemble des traitements appliqués, le pourcentage final de germination a été de 100% [3].

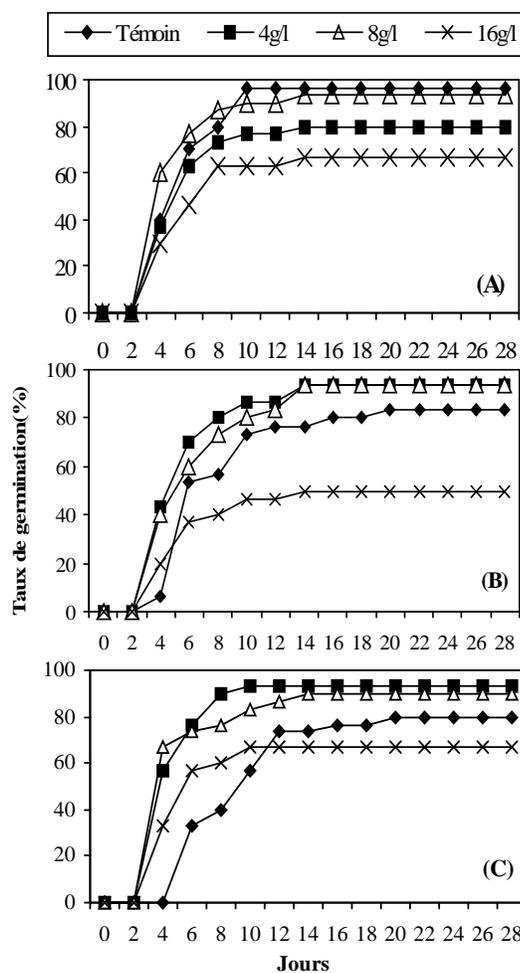


Figure 5.- Cinétique de germination sous l'effet de la contrainte saline chez les trois provenances testées d'*Argania spinosa* L: Oued Bouyhadine (A), Oued El Gahaouane (B) et Merkala (C)

En revanche, KHAN *et al.* (2002) [19] constatent que les concentrations croissantes en sel inhibent progressivement la germination des graines de *Salsola iberica* et peu de graines

germent en présence de 1000 mM de NaCl. Ainsi BOULGHALAGH *et al.* (2006) [20], ont montré que le stress salin a des effets hautement significatifs sur le taux de germination des graines du Jojoba (*Simmondsia chinensis*) soumise à différentes concentrations en NaCl. L'effet toxique du sel sur la germination a été observé également par GHARBI *et al.* (2011) [21] chez trois espèces d'Eucalyptus: *E. gomphocephala*; *E. astringens* et *E. sargentii*. Ces auteurs signalent que le sel réduit la germination et retarde sa vitesse pour les trois espèces étudiées. Cependant, *Eucalyptus astringens* s'est montré l'espèce la plus sensible dans la gamme de concentrations étudiées (0 à 14 g.l⁻¹ de NaCl). REDA-TAZI *et al.* (2001) [22] ont enregistré eux aussi un effet hautement significatif du sel sur la germination des graines de l'arganier, notamment chez les amandes semées à des concentrations de 7 et 9 g.l⁻¹ de NaCl. Les travaux de LACHHAB *et al.* (2013) [23], ont montré également qu'une diminution significative a été observée pour la moyenne de germination de *Medicago sativa* dans des conditions de stress. D'après PRADO *et al.* (2000), la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous des conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales. La conversion de carbohydrates en sucres solubles jouant le rôle de régulation osmotique au niveau des cellules embryonnaires en phase de germination est alors inhibée [24].

La connaissance de la tolérance de la salinité au moment de la germination est une information utile mais non suffisante pour expliquer la distribution des espèces et leur développement dans les milieux salés [10]. Pour cela, la connaissance de l'effet de stress salin au stade plantule devient un impératif pour la réhabilitation et le reboisement de l'espèce dans les zones qui sont touchées par le problème de salinité.

2.3.- Effet de la contrainte saline sur la croissance

Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation d'*Argania spinosa* L de Tindouf en milieu salin, les plants de trois provenances (Merkala, Oued El-Gahaouane et Oued Bouyhadine) ont été exposés pendant deux mois à des concentrations croissantes en NaCl. Les essais ont montré que le nombre moyen de feuilles et de nœuds, la croissance pondérale (diamètre au collet), les longueurs moyennes des tiges et des racines ainsi que les biomasses fraîches et sèches aériennes et souterraines varient en fonction de la provenance (tab. II). En effet, l'appareil végétatif de l'arganier est la plus sensible à l'effet du stress salin que son système racinaire et ça pour l'ensemble des provenances testées. La réduction de la croissance de la partie aérienne est plus marquée chez la provenance de Merkala et la provenance d'Oued El-Gahaouane surtout sous l'effet de la plus forte concentration testée (16 g.l⁻¹ NaCl) (fig. 6). Nos résultats sont en accord avec ceux de LEMZERI (2006). Il signale que l'augmentation de la salinité induit une diminution de la croissance de la partie aérienne de *Schinus molle*, d'*Acacia cyanophylla*, et d'*Eucalyptus gomphocephala*, cependant, n'a pas d'effet significatif sur la croissance de leurs systèmes racinaires [25]. Ainsi, BENMAHIOUL *et al.* (2009) rapportent que la présence de NaCl dans le milieu de culture entraîne chez le pistachier fruitier, une diminution significative de la longueur de la tige et la production de feuilles par embryon développé. Cette réduction augmente avec la concentration du sel dans le milieu. Ils notent également que la réduction moyenne de la partie aérienne a été de 56,9%. Cependant, le stress salin, à l'exception de la plus forte concentration testée (256,6 mM) améliore de façon significative l'allongement de la racine qui passe de 3,4 cm pour le témoin à 7,3 cm pour les

concentrations de 42,8 et 85,5 Mm [3]. En revanche, THORNTON *et al.* (n'ont pas constaté un effet du sel sur le développement des plants du chêne rouge. La longueur de la tige et l'accroissement racinaire ne sont pas affectés en présence de 7,5 mM de NaCl pour le Chêne rouge et de 16 mM de NaCl pour l'hêtre américain [26].

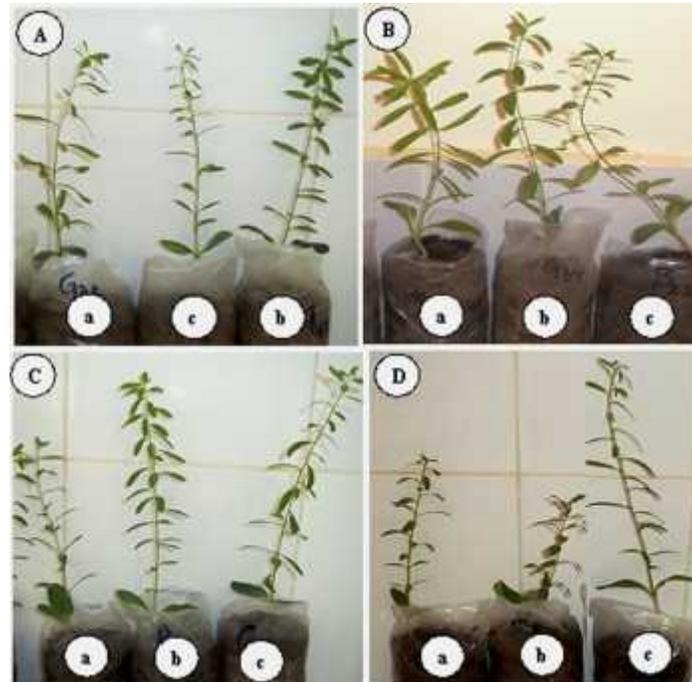


Figure 6.- Effet du stress salin (A: 0g /l de NaCl; B: 4g /l de NaCl; C: 8g /l de NaCl; D: 16g /l de NaCl) sur la croissance des jeunes semis d'*Argania spinosa* L issus des trois provenances (a: Oued El Gahaouane; b: Merkala; c:- Oued-Bouyhadine)

Chez la provenance de Merkala, la diminution de la croissance de la partie aérienne est accompagnée d'une réduction de la production des feuilles et des nœuds. En effet, l'organogenèse foliaire est fortement affectée. Le nombre moyen des feuilles par plantule passe de 21 pour le témoin à uniquement 13 feuilles environ pour le lot des plants stressés à 16 g/l de NaCl (tab. II). Toutefois, et à l'exception de la provenance de Merkala, le stress salin n'a aucune influence sur le diamètre au collet des plants issus des autres provenances étudiées. Nous signalons, cependant l'apparition des chloroses foliaires sous l'effet des concentrations plus élevées (16 g.l⁻¹) dès la 6^{ème} semaine du stress pour l'ensemble des provenances testées. Les feuilles atteintes arborent un aspect boursoufflé. Elles finissent par brunir et se dessécher entièrement. Les mêmes observations ont été faites par HAMROUNI *et al.* (2008) sur la vigne. Ils expliquent ce phénomène par le fait que l'augmentation de la salinité entraîne un dessèchement des vitropousses de vigne dans des conditions de salinité modérée. Le sel soumet principalement cette plante à un effet toxique, mais également osmotique [27].

Le déficit des biomasses enregistré chez les plants stressés de l'arganier, n'a pas affecté de façon similaire les deux parties de la plante. En effet, la croissance des racines a été moins affectée par le sel que celle de l'appareil végétatif (tab. II). Nos résultats sont en accords avec ceux obtenus par REDA TAZI *et al.* (2001). Ils ont montré que la germination et la croissance

in vitro des plants d'*Argania spinosa* L. sont affectées par le sel. Ils constatent que la partie aérienne est plus touchée par la salinité que les racines [22]. La résistance du système racinaire au stress salin peut être due à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire [28]. Chez d'autres plantes, le système racinaire est le plus sensible à la salinité que la partie aérienne. RADHOUANE (2008) a comparé le comportement de six écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* L) soumis à des conditions de stress salin. Elle constate que l'effet de la salinité était plus significatif pour la croissance racinaire, avec des différences entre les écotypes étudiés [29]. Pareille pour la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *Sylvestris* (var. 'Séjène). Ainsi, la plante semble s'adapter au stress salin en réduisant en premier lieu son système racinaire préservant la partie aérienne devant maintenir et assurer la production de photosynthétats [30]. Cette différence de sensibilité entre les organes d'absorption et les organes photosynthétiques est caractéristique des plantes glycophytes [28, 31].

Au niveau de la production de biomasse, nos résultats ont montré que le sel à la dose de 4 g/l améliore les rendements en matière sèche chez la provenance de Merkala. En effet, les taux d'amélioration comparativement au témoin, ont été de l'ordre de 10,7% pour la partie aérienne et 18,6% pour le système racinaire. Pour les deux autres provenances étudiées (Oued-Bouyhadiné et Oued El-Gahaouane), nous avons noté également une augmentation de la biomasse sèche aérienne qui est de l'ordre de 3,7 et 29% respectivement, cependant, une réduction a été constaté pour de la biomasse sèche racinaire. Toutefois, le stress salin le plus sévère (16 g.l⁻¹) engendre une nette réduction des biomasses aériennes et souterraines chez l'ensemble des provenances étudiées. Nos résultats sont conformes avec ceux de TAFFOUO *et al.* (2004). Ils ont constaté que l'augmentation de la concentration saline entraîne chez *Mucuna poggei* et *Vigna unguiculata* une baisse de la biomasse sèche à 100 mM de NaCl [32]. Cependant, De ARAUJO *et al.* (2006) ont observé que la salinité induite chez *Atriplex nummularia* provoque une régression beaucoup plus marquée du poids sec des organes photosynthétiques que les racines [33]. Les travaux de THORNTON *et al.* (1988) ont rapporté que les poids de la matière fraîche et de la matière sèche des feuilles du chêne rouge sont réduits à partir de 7,5 mM de NaCl alors que celui des racines ne l'est pas [26]. De même BENMAHIOUL *et al.* (2009) ont rapporté que la présence de NaCl dans le milieu de culture provoque chez les vitroplants de *Pistacia vera* L. une réduction des poids frais et sec des parties aériennes alors qu'il améliore ceux des racines [3]. Cette réduction est en effet une réponse typique des plantes non halophytes à la salinité [34, 35, 36].

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré une grande variabilité de réponse des semences aux différents traitements appliqués. En effet, le traitement par l'eau oxygénée tiède pendant 4 jours a donné le meilleur résultat avec un taux de germination qui est de l'ordre de 93,33%. Au-delà de cette durée de trempage dans l'eau oxygénée tiède, nous avons constaté une nette réduction du pouvoir germinatif chez l'arganier. En revanche, le traitement des graines dans l'eau tiède pendant 6 jours a aboutit à un rendement moyen en générale.

Les résultats de l'étude de la contrainte saline au stade germinatif ont montré une nette variabilité du comportement des provenances étudiées vis-à-vis du sel. En effet, les provenances de l'Oued-Bouyhadiné et de l'Oued El-Gahaouane' sont les plus tolérantes

comparativement à la provenance de Merkala. Les graines d'arganier continuent à germer même sous un stress sévère (16g/l de NaCl). En présence de cette forte dose saline, les taux de germination ont varié entre 50 et 66,66%, confirmant ainsi une tolérance au sel d'*Argania spinosa* au stade juvénile.

L'effet du sel semble affecter plus la croissance et le développement des plantules que la germination au sens strict, et l'appareil végétatif est le plus touché par le stress que le système racinaire. Nos résultats ont montré également une différence de comportement vis-à-vis du sel pour les trois provenances étudiées. En effet, les plants provenant de l'Oued El-Gahaouane et de l'Oued Bouyhadine' sont les plus tolérants comparativement à ceux issus de Merkala. Toutefois, l'arganier à l'âge juvénile se comporte comme une plante tolérante au sel. Il continue sa croissance (cas de la provenance de l'Oued-Bouyhadine) même en présence de forte dose en NaCl (16 g/l).

La tolérance de l'arganier au sel, mise en évidence à un stade de croissance précoce, reste à être confirmée au stade adulte. Toutefois, ce travail constitue une démarche intéressante pour la sélection précoce de génotypes tolérants au sel en vue de la réhabilitation et/ou l'extension de l'arganier dans les régions arides et semi arides, particulièrement celles touchées par la salinité en Algérie.

Références bibliographiques

- [1].- Mermoud A., 2006.- Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- [2].- Zid E., Grignon C., 1991.- Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. John Libbey. Eurotext, Paris: 91-108.
- [3].- 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: 164- 170.
- [4].- Rhodes J., Laveday J., 1990.- Salinity in irrigated agriculture riverside. USDA: 1089-1141.
- [5].- Bezzala A., 2005.- Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Mémoire de magistère. Université El Hadj Lakhdar, Batna, 96p.
- [6].- Côme D., 1970.- Les obstacles à la germination. Masson et Cie ,162 p.
- [7].- Dagnelie P., 1999.- Test d'ajustement à une loi et test d'indépendance de deux variables qualitatives. Analyse de la variance. In: Dayan A. *et al.* (éd.). Manuel de gestion (vol. 2). Paris, Ellipses: 876-890.
- [8].- Lebrun C., 1970.- Prétraitement des graines de Douglas à l'eau oxygénée. Revue forestière française, XXII: 473-476.

- [9].- Bonnet-Masimbert M., Muller C., 1974.- L'Utilisation de l'eau oxygénée pour la levée de dormance des graines de Douglas ne peut constituer qu'une solution de secours. Revue forestière française, XXVI: 135-138.
- [10].- Neffati M., 1994.- Caractérisation morpho-biologique de certaines espèces végétales nord africaines : implication pour l'amélioration pastorale. Thèse de doctorat, Université de Gand (Belgique), 170p.
- [11].- Aduradola A.M., Badru U., 2004.- Aspect of germination in seeds of *afzelia africana* Sm and *Terminalia ivorensis* A.Chev . Annales des Science Agronomique du Benin, 6(2): 175-184
- [12].- Rolston M.P., 1978.- Water impermeable seed dormancy. Bot. Rev. 44: 365-396.
- [13].- Tran V. N., Cavanagh A. K., 1984.- Structural aspects of dormancy: In: D. R. Murray (ed) Seed Physiology. Academic Press, Melbourne: 1-44.
- [14].- Benaouf Z., 2009.- Essais de germination: Etude physiologique et comportementale des plantules d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) soumis à un stress hydrique dans l'étage semi-aride ouest Algérien. Mémoire de magistère, Université des sciences et de la technologie «Houari Boumediene», 82p.
- [15].- Nouaim R., Chaussod R., 1993.- L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Le flamboyant, 27: 50-64.
- [16].- Faouzi K., Boukroute A., Reda Tazi M., Berrichi A., 2011. Etude de l'effet du temps d'imbibition sur la germination des graines d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Béni-Snassen (Maroc oriental). Congrès International sur l'Arganier. Acquis et perspectives de recherche scientifique, 15p.
- [17].- Ndour P., Danthu P., 1998.- Effet des contraintes hydriques et salines sur la germination de quelques acacias africains. In : Campa C., Grignon C., Gueye M. et Hamon S., eds. Colloques et séminaires : l'acacia au Sénégal. Orstom, Paris: 105-122.
- [18].- Danthu P., Roussel J. & Neffati M., 2003.- La graine et la germination d'*Acacia raddiana*. In : Grouzis M. & Le Floc'h E., eds. Un arbre au désert *Acacia raddiana*. Paris : IRD, 265-283.
- [19].- Khan M. A, Gul B., Weber D. J., 2002.- Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica* .Can. J. Bot. (80): 650-655.
- [20].- Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Boukroute A., 2006.- Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia chinensis* [link] schneider).Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24p.

- [21].- Gharbi F., Kchaou R., Rejeb S., Khoudja L., Rejeb M.N., 2011.- Tolérance à la Salinité de Trois Espèces d'Eucalyptus aux Stades Germinatif et Plantule. *European Journal of Scientific Research* (2): 208-217.
- [22].- Reda-Tazi M., Berrichi A., Haloui B., 2001.- Germination et croissance *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snasse (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. *Actes, int Agron.Vet (Maroc)*, 3(21): 163-168.
- [23].- Lachhab I., Louahlia S., Laamarti M., Hammani K., 2013.- Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux géotypes de *Medicago satives*. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2(3): 511-516.
- [24].- 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*, 4:27-34.
- [25].- Lemzeri H., 2006.- Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine, 180 p.
- [26].- Thornton F.C., Schaedle M., Raynal D.J., 1988.- Sensitivity of red oak (*Quercus rubra* L.) and american beech (*Fagus grandifolia* Ehrh) seedling to sodium salt in solution culture. *Tree Physiology*, 4: 167-172.
- [27].- Hamrouni L., Ben Abdellah F., Abdelly C., Ghorbel A., 2008.- La culture *in vitro* : un moyen rapide et efficace pour sélectionner des géotypes de vignes tolérants à la salinité. *C.R. Biologies*, 2(331): 152-163.
- [28].- Brugnoli E., Björkman O., 1992.- Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components and dissipation of excess light energy. *Planta*, 187: 335-347.
- [29].- 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*, 4(331): 278-28.
- [30].- Hamrouni L., Hanana M., Abdelly C., Ghorbel A., 2011.- Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (var. 'Séjène). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 15(3): 387-400.
- [31].- Bernstein N., Silk W.K., Lauchli A., 1993.- Spatial and temporal aspects of sorghum leaf growth under conditions of NaCl stress. *Planta* 191: 433-439
- [32].- Taffouo V. D., Kenne M., Tasse R., Wamba O. F., Fonkou T., Mvondo Z., Amougou A., 2004.- Variation de la réponse au stress salin chez cinq espèces de légumineuses. *Agronomie africaine*, 1(16): 33-44.

- [33].- De Araújo SAM., Silveira JAG., Almeida TD., Rocha IMA., Morais DL., Viéga RA., 2006.- Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. Grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* 10: 848-854.
- [34].- Munns R., Termaat A., 1986.- Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160.
- [35].- Alarcon J. J., Sanchez-Blanco M. J., Bolarin M. C., Torrecillas A., 1993.- Water relations and osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. pennellii* during short-term salt exposure and recovery. *Physiol. Plant.*, 89:441-447.
- [36].- Viegas R. A., Silveira J. A., 1999.- Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long-term exposure to salt salinity. *Revista brasileira de fisiologia vegetal*, 3(11): 153-159.

Tableau II.- Effet de la concentration en NaCl sur les paramètres de croissance, le nombre moyen de feuilles et de nœuds par plants et les biomasses fraîches et sèches des organes aériens et du système racinaire chez les trois provenances étudiées d'*Argania spinosa* (L). Pour chaque provenance, les valeurs de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil de 5% (P.A.: Partie aérienne; P.R.: Partie racinaire)

		Paramètres d'appréciation								
Provenances	NaCl (g.l ⁻¹)	Longueur moyenne (cm)		Nombre moyen par plant		Diamètre au collet (cm)	Biomasses fraîches (g)		Biomasses sèches (g)	
		P.A.	P.R.	Feuilles	Nœuds		P.A.	P.R.	P.A.	P.R.
Merkala	0	15,7±4,0 ^a	20,3±8,4 ^a	20,9±6,3 ^a	18,4±5,6 ^a	2,7±0,3 ^b	0,75±0,07 ^a	0,18±0,07 ^b	0,18±0,05 ^a	0,04±0,01 ^a
	4	15,6±1,9 ^a	25,1±5,3 ^a	19,4±3,9 ^a	16,9±3,9 ^a	3,4±0,5 ^a	0,90±0,25 ^a	0,20±0,10 ^b	0,20±0,05 ^a	0,05±0,02 ^a
	8	13,8±2,5 ^a	22,0±13,1 ^a	18,4±5,8 ^a	15,8±5,2 ^a	2,8±0,5 ^b	0,77±0,28 ^a	0,22±0,12 ^b	0,17±0,06 ^a	0,05±0,02 ^a
	16	12,5±6,4 ^a	18,6±6,9 ^a	17,5±11,7 ^a	15,2±11,4 ^a	2,9±0,4 ^b	0,93±0,10 ^a	0,34±0,12 ^a	0,16±0,05 ^a	0,06±0,02 ^a
Oued Gahouane	0	15,7±2,6 ^{ab}	23,2±10,2 ^a	23,0±3,6 ^a	19,9±3,7 ^{ab}	2,8±0,2 ^a	0,66±0,21 ^{ab}	0,23±0,06 ^a	0,16±0,06 ^a	0,07±0,02 ^a
	4	18,2±4,2 ^a	26,5±8,1 ^a	23,6±5,8 ^a	21,0±5,6 ^a	2,8±0,4 ^a	0,85±0,20 ^a	0,20±0,09 ^a	0,20±0,05 ^a	0,06±0,01 ^a
	8	12,5±3,8 ^b	24,7±9,9 ^a	17,8±4,5 ^b	15,5±4,4 ^b	2,9±0,5 ^a	0,79±0,22 ^{ab}	0,19±0,09 ^a	0,18±0,06 ^a	0,05±0,02 ^a
	16	16,2±2,9 ^a	21,9±3,0 ^a	21,5±4,5 ^{ab}	18,8±4,5 ^{ab}	3,2±0,4 ^a	0,58±0,28 ^b	0,22±0,07 ^a	0,15±0,05 ^a	0,05±0,01 ^a
Oued Bouyhadine	0	18,6±3,8 ^a	23,2±11,0 ^a	23,4±5,0 ^a	21,0±4,8 ^a	2,8±0,3 ^a	0,72±0,18 ^a	0,17±0,04 ^b	0,19±0,05 ^a	0,06±0,01 ^a
	4	19,1±3,2 ^a	23,8±2,8 ^a	22,4±4,0 ^a	20,3±4,2 ^a	2,9±0,2 ^a	0,84±0,08 ^a	0,16±0,04 ^b	0,20±0,03 ^a	0,06±0,02 ^a
	8	18,0±3,6 ^a	21,4±4,7 ^a	22,1±3,8 ^a	19,4±3,2 ^a	2,9±0,4 ^a	0,80±0,26 ^a	0,26±0,07 ^a	0,18±0,06 ^a	0,05±0,02 ^a
	16	18,5±2,9 ^a	20,8±4,3 ^a	21,4±3,8 ^a	18,9±3,5 ^a	3,2±0,4 ^a	0,77±0,19 ^a	0,26±0,09 ^a	0,17±0,04 ^a	0,05±0,01 ^a